

**Diretrizes empresariais  
para a valoração  
econômica  
de serviços  
ecossistêmicos**  
Versão 3.0



**TeSE**

INICIATIVA GVCES

 **FGV EAESP**

CENTRO DE ESTUDOS  
EM SUSTENTABILIDADE

# O FGVces e as iniciativas empresariais (iE)

O **Centro de Estudos em Sustentabilidade (FGVces)** da Escola de Administração de Empresas da Fundação Getúlio Vargas (FGV EAESP) é um espaço aberto de estudo, aprendizado, inovação e produção de conhecimento. Composto por equipe multidisciplinar, engajada, comprometida e com genuína vontade de transformar a sociedade, o FGVces trabalha no desenvolvimento de estratégias, políticas e ferramentas de gestão públicas e empresariais para a sustentabilidade, no âmbito local, nacional e internacional. Para tanto, são quatro as suas linhas de atuação: (i) formação; (ii) pesquisa e produção de conhecimento; (iii) articulação e intercâmbio; e (iv) mobilização e comunicação.

Nesse contexto, as Iniciativas Empresariais (iE) do FGVces compõem uma rede com o propósito de transformar os desafios da sustentabilidade em oportunidade de criação de valor, contribuindo para um novo modelo de desenvolvimento. Esse propósito vem sendo realizado por meio da cocriação de estratégias, ferramentas e propos-

tas de políticas públicas e empresariais; apoio à implementação por meio de projetos piloto; sistematização e disseminação do conhecimento por meio de publicações e eventos; e articulação com diversos atores de governo e sociedade civil.

São cinco os temas trabalhados nas iE por meio das iniciativas apresentadas no quadro abaixo: **avaliação de ciclo de vida (ACV)**; **desenvolvimento local**; **gestão da cadeia de valor**; **mudanças climáticas** – mitigação e adaptação; e **serviços ecossistêmicos**. As iE têm avançado também na **abordagem sistêmica** atuando de forma conjunta na investigação, produção e aplicação de conhecimento em desafios multi e interdisciplinares. Esses desafios buscam integrar a sustentabilidade aos processos e estratégias dos negócios, trazendo mais relevância para a temática. Assim, os temas discutidos em cada uma das cinco iE vêm sendo integrados para a cocriação de soluções frente a desafios complexos e materiais para os diferentes setores.



A Plataforma Empresas pelo Clima, desde 2009, tem o propósito de contribuir para o avanço na gestão empresarial de emissões de gases de efeito estufa (GEE) e dos riscos e impactos derivados das mudanças climáticas, por meio da cocriação de diretrizes e ferramentas, além de recomendações de políticas públicas.



A iniciativa Inovação e Sustentabilidade na Cadeia de Valor, desde 2012, desenvolve métodos e ferramentas para a integração da sustentabilidade nos processos e nas políticas de compras das empresas, por meio do desenvolvimento de protocolos para a gestão da cadeia de fornecedores.



A iniciativa ID Local, desde 2013, tem o propósito de articular o setor empresarial para reflexão, troca de experiências e construção de propostas e diretrizes empresariais para desenvolvimento local, por meio do diálogo, do estudo e da cocriação de metodologias e ferramentas.



A iniciativa Tendências em Serviços Ecossistêmicos desenvolve, desde 2013, estratégias e ferramentas destinadas à gestão empresarial de impactos, dependências e externalidades relacionados a serviços ecossistêmicos, por meio da abordagem de valoração.



A iniciativa Ciclo de Vida Aplicado, desde 2015, fomenta o uso da Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) e a incorporação do pensamento de ciclo de vida na gestão empresarial, auxiliando empresas a compreender e a utilizar essa abordagem na mensuração e na gestão dos impactos ambientais de seus produtos.



CENTRO DE ESTUDOS  
EM SUSTENTABILIDADE

## Diretrizes empresariais para a valoração econômica de serviços ecossistêmicos

Versão 3.0

### Realização

Fundação Getúlio Vargas

Centro de Estudos em Sustentabilidade

Tendências em Serviços Ecossistêmicos (TeSE)

### Coordenação geral

Mario Monzoni

### Coordenação Executiva

Annelise Vendramini

### Vice-Coordenação

Paulo Branco

### Coordenação Técnica

Natalia Lutti Hummel

### Equipe

FGVces: Thais Camolesi e Camila Yamahaki

GIZ: Luciana Mara Alves e Raquel Agra

MMA: Ana Paula Prates, Rodrigo Martins Vieira, Luana

Magalhães Duarte de Araujo, Mariana Egler, Otávio

Gadiani Ferrarini

CNI: Davi Bomtempo e Elisa Romano Dezolt

Consultor Projeto TEEB R-L: Renato Armelin

### Fotografias

Shutterstock

### Diagramação

Isabella Brandalise



### Parceria

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito da parceria com o projeto TEEB Regional-Local. O projeto “Conservação da Biodiversidade através da Integração de Serviços Ecossistêmicos em Políticas Públicas e na Atuação Empresarial – Projeto TEEB Regional-Local”, foi implementado de agosto de 2012 a maio de 2019 por meio da parceria entre o Ministério do Meio Ambiente (MMA) do Brasil e o governo alemão, com a participação da Confederação Nacional da Indústria (CNI), no contexto da Cooperação para o Desenvolvimento Sustentável Brasil-Alemanha, no âmbito da Iniciativa Internacional de Proteção do Clima (IKI) do Ministério do Meio Ambiente, Proteção da Natureza e Segurança Nuclear da Alemanha (BMU). O projeto contou com apoio técnico da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

**PARA CITAR ESSA PUBLICAÇÃO:**

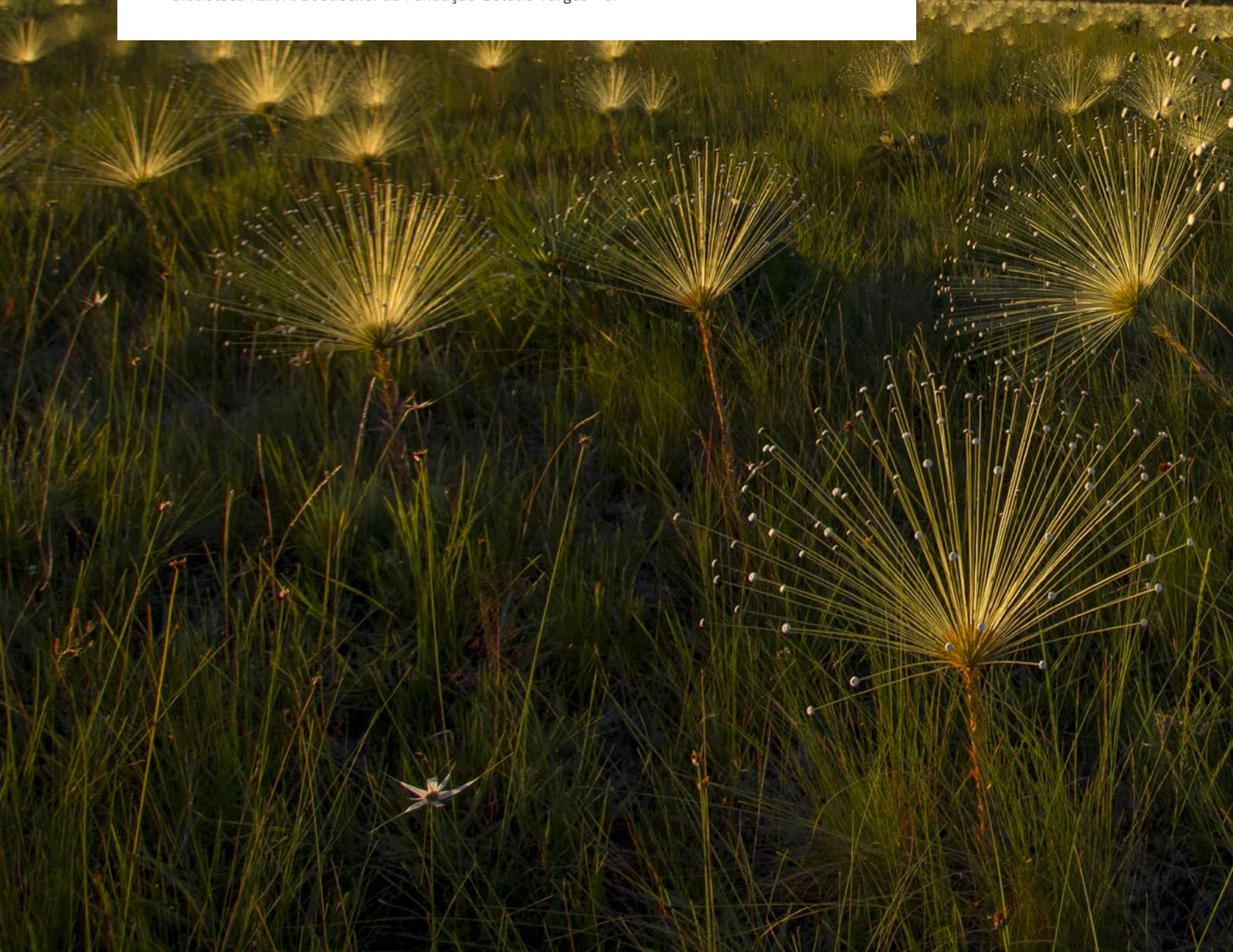
FGVces. Diretrizes Empresariais de Valoração Econômica de Serviços Ecosistêmicos. Versão 3. Centro de Estudos em Sustentabilidade da Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas. São Paulo, 2019. 102p.

Diretrizes empresariais para a valoração econômica de serviços ecossistêmicos : [recurso eletrônico] : versão 3.0 / Mario Monzoni ... [et al.]. – São Paulo : FGVces/EAESP-FGV, 2019. 102 p.

1. Serviços ecossistêmicos. 2. Economia ambiental. 3. Empresas – Aspectos ambientais. 4. Desenvolvimento sustentável. I. Monzoni, Mario. II. Hummel, Natalia Lutti. III. Vendramini, Annelise. IV. Armelin, Renato. V. Guimarães, Thais Camolesi. VI. Alves, Luciana Mara. VII. Fundação Getulio Vargas. VIII. Título.

CDU 504.06

Ficha catalográfica elaborada por: Cristiane de Oliveira CRB SP-008061/O  
Biblioteca Karl A. Boedecker da Fundação Getulio Vargas – SP





# Ouro de tolo

Se é cada vez mais claro que as sociedades, seus indivíduos e relações, assim como o modo de produção e consumo que derivam, estão enraizados na biosfera, – e por premissa deveriam estar sujeitos às suas leis dos sistemas naturais –, por outro lado, a fundamentação da argumentação da tribo sustentabilista na rigidez das leis da ecologia tem sido pouco efetiva para “virar o jogo”, numa conversa entrópica de surdos e mudos.

A “histórica” publicação do artigo “Os novos limites do possível”, do economista André Lara Resende, no Valor Econômico, em 2012, é fato relevante para o mundo sustentabilista. A afirmação de que “atingimos o limite físico do planeta”, feita por economista de renome, aceito pelo mundo empresarial e das políticas públicas, ao jornal econômico mais influente no mundo dos negócios no Brasil, abre uma janela de esperança para aqueles que, à margem do sistema, trabalham para a “gestação de uma nova abordagem”.

O FGVces acredita piamente que o caminho é esse: parte da solução pode ser conseguida mudando a lógica da argumentação, dialogando com o pensamento *mainstream* da sociedade, a partir da pouca rigidez – ou imperfeições, se quiserem – das leis da economia, em particular sobre seu mantra mais sagrado: a demanda agregada. Muitas vezes associada ao próprio capitalismo, a demanda agregada, como enunciado da medição da produção de “riqueza” das nações, tem sobrevivido há milhares de anos, mesmo sem saber.

Se quiséssemos, por exemplo, calcular o produto de uma economia de caça e coleta, bastaria somar o consumo (C) das famílias dessa economia em determinado período de tempo e obteríamos o seu PIB (Y). Ainda sem um sistema de preços, o PIB poderia ser obtido por unidade física, ou quem sabe até calorias. Nesse mundo de vida simples, o PIB dessa economia seria dado pela equação  $Y = C$ .



Mesmo imaginando uma sofisticação social, que permitisse a domesticação de animais e o pastoreio, abrindo mão de consumo presente por consumo futuro na forma de cabras, ovelhas ou vaquinhas, essa sociedade introduziria a prática da poupança ( $S$ ) e o conceito de investimento ( $I$ ) para o modelo (vamos assumir por aqui que a poupança  $S$  seja igual ao investimento  $I$ ), ampliando o cálculo do produto interno para  $Y = C + I$ , sendo  $I$  o investimento adicional no período no estoque de cabras e ovelhas.

Acrescente um pequeno comércio com a comunidade ao lado e teremos nosso produto interno acrescido das exportações " $X$ " e deduzido pelo montante de produto comprado – a importação " $M$ " – dessa comunidade. Nossa equação já cresce para  $Y = C + I + (X - M)$ .

Não é difícil imaginar que essa sociedade se organize de forma tal que veja a necessidade de criação de instituição superior que garanta o mínimo de segurança e ordem, ou mesmo que exista somente para dar garantia aos contratos, apropriando-se de parte do produto gerado na forma de imposto, para financiar seus gastos mínimos, o " $G$ ". "Nasce" o Estado e a nossa fórmula se amplia para o formato que usamos nos dias de hoje:  $Y = C + I + G + (X - M)$ .

Até o começo do século XX, acreditava-se que toda produção seria consumida pelo lado direito da equação, em outras palavras, que a oferta gerava a demanda. O excesso de otimismo gerou uma superprodução que, sem demanda suficiente, desaguou em crise de confiança e acabou produzindo a maior crise financeira e depressão econômica do século XX. Lord Keynes e Michael Kalecki, economistas de correntes ideológicas distintas, entram em cena para nos alertar que a dependência estava do outro lado: era a demanda que gerava a oferta. A partir daí, até os dias de hoje, políticas econômicas, que incluem políticas fiscais, monetárias e cambiais, passam a ser ferramentas para que o " $Y$ " siga sua marcha, para cima, e "sustentadamente".

Os dois últimos séculos foram marcados por debates ideológicos sobre modos de produção, e o mundo foi à guerra duas vezes por diferenças de pensamento quanto ao tamanho do " $G$ ", do componente público do " $I$ " na equação, e se a produção deveria ser gerada a partir do empreendedorismo público ou privado. Ninguém ousou questionar a fórmula, e a bendita da equação persiste, dos tempos mais primitivos das cavernas e do homem coletor e caçador, ao homem do *facebook* e do *twitter*.

E, de fato, é muito difícil imaginar que haverá qualquer sociedade que não consuma, mesmo que somente para sua sobrevivência decente, que não poupe, e portanto invista, que não troque, e portanto faça comércio, e onde o Estado não exista. E se alguém quiser calcular qual é o produto (e somente o produto, muitas vezes apresentado como riqueza ou até servido inadvertidamente como *proxi* do nível de desenvolvimento de uma sociedade) produzido por essa sociedade em um período de tempo, basta somar o consumo de todas as suas famílias, o investimento público e privado em bens de capital, infraestrutura, entre outras, o gasto público em compras e contratações e o seu saldo de comércio.

A partir daí, simplificando a vida do homem na terra em seu modo de produção e consumo, governos, empresas e, por tabela, grande parte da sociedade se lançam em uma "corrida maluca" para construir estratégias sofisticadas de fazer o " $Y$ " crescer, todo ano, infinitamente, como se isso fosse suficiente para entregar, de fato, desenvolvimento, qualidade de vida para as pessoas, e meio ambiente para as presentes e futuras gerações.

Alto lá: há vida fora da demanda agregada! E a paranoia de tentar maximizá-la está comprometendo a vida lá fora, que é a base de sua própria existência. A ciência da economia se especializou em construir antídotos para as disfunções do modelo de transformação de demanda em

oferta, por meio de um painel de controle keynesiano, que demonstra fadiga de materiais. Como diria André Lara, “a crise de 2008, que insiste em não terminar, pode não ser apenas mais uma crise cíclica das economias modernas, sempre ameaçadas pela insuficiência de demanda. Não há mais como contar com o crescimento da demanda de bens materiais para crescer. O crescimento pode não ser mais a opção de saída para a crise”.

Se a macroeconomia NÃO nos ensina que há vida fora da demanda agregada, a microeconomia DESCONSIDERA a relação da demanda agregada com o resto do mundo, denominando-a de “externalidades” e a inclui no rol das “imperfeições do mercado”, reservando a ela o capítulo 18 dos livros textos.

Partindo de premissas como a racionalidade do agente econômico e rendimentos marginais decrescentes, a economia neoclássica deriva curvas de demanda e pontos de preços de equilíbrio calcadas em curvas de produção derivadas em custos eminentemente privados. Nessa equação, capital natural e seus serviços ecossistêmicos são considerados como bens livres à disposição do mercado, e diversas formas de trabalho degradante, entre outras ilegalidades, são praticadas em nome da competitividade do produto, empresa, indústria, ou, em muitos casos, de uma economia inteira.

Assim, admitindo-se que:

1. a capacidade de externalização em uma economia é maior do que zero; e que
2. a capacidade de externalizar não é igual entre os agentes.

Deriva-se o fato que vivemos em um mundo de preços relativos completamente fictícios e irrealis, gerando demanda adicional artificial por produtos que se subsidiam da sociedade e do meio ambiente para concorrerem no mercado, ou seja, que são superproduzidos, com consequente impacto no capital natural, nos seres humanos e em suas relações sociais.

Voltando à macroeconomia, o que podemos esperar, portanto, das decisões de consumo, sejam domésticas (“C”) ou estrangeiras (“X”), de investimento “I” ou de compras e contratações públicas (“G”) em uma economia com preços relativos irrealis?

Quantidades demandadas de produtos e serviços e alocação de capital estão sendo feitas de maneira absolutamente equivocadas, gerando dilapidação do capital natural, aniquilando as condições ambientais do planeta e deteriorando as relações sociais entre humanos. Tudo isso a partir de “decisões racionais dos agentes”, uma verdadeira “tragédia dos comuns”.

Dois caminhos, não excludentes, apontam para um norte diferente; o primeiro, a melhor solução possível, mas com resultados de longo prazo, e uma “segunda melhor solução”, mais pragmática, com possibilidade de benefícios mais rápidos:

1. A construção de uma nova visão de mundo, onde o homem revise seus valores a partir da percepção de que a economia, e seus sistemas, é um subconjunto das relações sociais e, em última instância, dos sistemas naturais, e não o contrário.
2. A introdução de externalidades sociais e ambientais no sistema de preços, em escala, seja por meio de regulação ou autorregulação, que contempla, necessariamente a:
  - valoração econômica de serviços ecossistêmicos; e
  - introdução de instrumentos econômicos que alterem a matriz de incentivos dos agentes econômicos, de modo a subsidiar decisões de consumo e alocação de investimento com preços relativos não fictícios.

De forma a contribuir para a solução de parte desse desafio, o FGVces criou no ano de 2013 a Iniciativa Empresarial Tendências em Serviços Ecossistêmicos (TeSE), cujo objetivo é desenvolver um conjunto de ferramentas de apoio à gestão empresarial para a valoração de suas vulnerabilidades e impactos sobre o capital natural, em especial as externalidades. A valoração econômica das externalidades, por sua vez, é um subsídio valioso para a tomada de decisão sobre como internalizá-las.

Sem deixar de reconhecer a importância de outras dimensões de valor do capital natural, como seu valor intrínseco (valor que independe de utilidade) e seu valor ecológico (valor relacionado à integridade e resiliência de ecossistemas), esta publicação foi direcionada à sua dimensão econômica de valor. A partir de um processo de construção conjunta com as oito empresas cofundadoras da TeSE, chegou-se à primeira versão das Diretrizes Empresariais de Va-

loração Econômica de Serviços Ecosistêmicos em 2013. A construção conjunta com as empresas é uma característica essencial deste trabalho, pois alia o conhecimento acadêmico, trazido pelo FGVces, ao conhecimento da realidade prática da relação dos negócios com o capital natural.

Mais ainda, o envolvimento direto das empresas nesse trabalho cria um fórum de discussões e de trocas de experiências que instiga o setor empresarial sobre a necessidade de inovações nas estratégias e modelos de negócios, em sintonia com os desafios e oportunidades de uma economia sustentável e inclusiva.

Esta publicação representa a terceira versão dessas Diretrizes, as quais continuarão sendo aprimoradas e ampliadas nos próximos anos. Para nortear esse trabalho, um conjunto de premissas é proposto:

1. Privilegiar indicadores físicos e métodos de valoração econômica simplificados, de baixo custo e que privilegiem dados disponíveis ou de fácil acesso, favorecendo assim o recálculo frequente das estimativas de valor;
2. Ser flexível, gerando estimativas de valor que possam ser utilizadas como subsídio para a análise de viabilidade de projetos, para a tomada de decisão de negócios em geral, e também como indicadores para avaliação de desempenho;
3. Reconhecer as limitações dos métodos adotados para que a interpretação dos resultados obtidos seja coerente e realista.

Na primeira versão das *Diretrizes* foram abordados seis serviços ecosistêmicos: *provisão de água, regulação da qualidade da água, assimilação de efluentes, regulação do clima, provisão de biomassa combustível e recreação e turismo*. Eles foram analisados sob três perspectivas distintas: as dependências dos negócios da empresa em relação a esses serviços ecosistêmicos, os impactos sofridos pela empresa frente a variações na disponibilidade desses serviços ecosistêmicos, e os impactos não compensados das atividades da empresa nesses serviços ecosistêmicos quando afetam outros atores sociais – as externalidades ambientais.

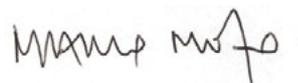
Na segunda versão foram incorporados mais dois serviços ecosistêmicos: *regulação de polinização e regulação de*

*erosão do solo, além da expansão de provisão de água incluindo o cálculo da externalidade, e da regulação do clima global incluindo o desmatamento evitado.*

A partir da experiência de cinco anos da iniciativa TeSE e do apoio a mais de 50 casos empresariais de valoração de serviços ecosistêmicos, em 2018 foi elaborada esta terceira versão das Diretrizes. Além do aprimoramento dos métodos existentes, esta nova versão das Diretrizes conta com: i) recomendações para análise de materialidade; ii) diferentes abordagens para a inclusão de taxa de descontos na valoração; iii) incorporação de método de Provisão de Bens Ecosistêmicos; e iv) recomendações sobre como incorporar as estimativas de valor dos ecossistemas nos processos e ferramentas empresariais de apoio à tomada de decisão, por exemplo ROI, *payback* e análise de custo-benefício, entre outras.

O FGVces tem o compromisso de trabalhar junto com as empresas membro da TeSE na ampliação e aprimoramento contínuo dessa publicação, de forma que ela se torne uma ferramenta cada vez mais efetiva na geração de informações relevantes para a tomada de decisões de negócios.

Agradecemos, por fim, às 48 empresas que participaram da iniciativa TeSE desde 2013, e deixamos aqui o convite para que outras empresas somem esforços conosco para o aprimoramento contínuo desta ferramenta.



**Mario Monzoni**

Coordenador Geral

Centro de Estudos em Sustentabilidade

FGV-EAESP

# Índice

Ouro de tolo	6
<hr/>	
Glossário	12
<hr style="border-top: 1px dashed #000;"/>	
• Conceitos gerais	12
• Serviços ecossistêmicos	13
<hr/>	
Apresentação	14
<hr/>	
Introdução	17
<hr/>	
Planejamento do estudo	20
<hr style="border-top: 1px dashed #000;"/>	
• Plano de trabalho	20
<hr/>	
Métodos para a quantificação e valoração econômica de serviços ecossistêmicos	27
<hr style="border-top: 1px dashed #000;"/>	
• Provisão de água	30
• Provisão de biomassa combustível	34
• Provisão de bens ecossistêmicos	38
• Regulação da qualidade da água	42
• Regulação da assimilação de efluentes líquidos	47
• Regulação do clima global	49
• Regulação de polinização	54
• Regulação da erosão do solo	62
• Recreação e turismo	70



Incorporando valores econômicos associados a serviços ecossistêmicos nas decisões de negócios	<b>74</b>
-----	
• Monitoramento de desempenho e relato corporativo	<b>74</b>
• Análises de viabilidade de projetos e políticas corporativas	<b>74</b>
1) Rentabilidade do projeto – ROI	<b>75</b>
2) Tempo para recuperar o investimento no projeto – <i>Payback</i>	<b>76</b>
3) Análise Custo-Benefício – ACB	<b>81</b>
4) Avaliação de riscos e oportunidades	<b>84</b>
5) Análises gráficas de apoio a decisões estratégicas	<b>87</b>
-----	
Referências Bibliográficas	<b>92</b>
-----	
Apêndices	<b>94</b>
-----	
• Apêndice 1. Regulação da qualidade da água: diagrama sobre dependência e impacto	<b>94</b>
• Apêndice 2. Regulação da polinização selvagem: detalhamento dos cálculos do exemplo	<b>95</b>
• Apêndice 3. Regulação da erosão do solo: detalhamento dos cálculos do exemplo	<b>96</b>
-----	
Anexos	<b>98</b>
-----	
• Anexo 1. Método de Custo de Reposição (MCR)	<b>98</b>
• Anexo 2. Método da Função da Produção (MFP)	<b>98</b>
• Anexo 3. Método de Custos Evitados (MCE)	<b>99</b>
• Anexo 4. Método de Custo de Oportunidade (MCO)	<b>99</b>
• Anexo 5. Custo Social do Carbono (CSC)	<b>100</b>
• Anexo 6. Método de Custo de Viagem (MCV)	<b>100</b>
• Anexo 7. Método de Preços Hedônicos (MPH)	<b>101</b>



# Glossário

## CONCEITOS GERAIS

**Bem-estar:** um contexto e estado dependente de materiais básicos para uma boa vida, liberdade de escolha, saúde, bem-estar físico, boas relações sociais, segurança, paz de espírito e vivência espiritual.

**Capital natural:** estoque de recursos naturais renováveis e não renováveis (plantas, animais, ar, água, solo, minerais, etc.) que se combinam para gerar um fluxo de benefícios para as pessoas. Exemplo de “estoque” de capital natural são os ecossistemas, enquanto exemplo de “fluxo” são os serviços ecossistêmicos.

**Contabilizar:** definir o conjunto de indicadores de interesse e quantificá-los.

**Custo Social do Carbono (CSC):** são os custos econômicos causados por uma tonelada adicional de CO<sub>2</sub>e. Mais precisamente, é a mudança no valor presente do bem-estar socioeconômico causada por uma unidade adicional de emissão de CO<sub>2</sub>e. Para mais informações, veja o Anexo 5.

**Dependência:** necessidade de um serviço ecossistêmico para alcançar um determinado objetivo. Quanto mais importante for o serviço ecossistêmico para tal objetivo, maior será o grau de dependência.

**Ecossistema:** um complexo dinâmico de plantas, animais, microrganismos e seu ambiente não vivo (relevo, chuva, temperatura, etc.) interagindo como uma unidade funcional. Exemplos: rios, florestas, lagos, mangues, restingas, savanas (cerrado).

**Externalidade:** consequência de uma ação que afeta outros não responsáveis por essa ação, e pela qual o responsável não é compensado (no caso de externalidade positiva) ou penalizado (no caso de externalidade negativa). Apesar de constituir um subgrupo de impactos, as externalidades, neste documento, são analisadas em separado.

**Impacto:** a consequência de uma ação. Pode ser positivo ou negativo, interno ou externo, tomando-se como referência a situação atual. O impacto interno é particularmente importante no contexto destas Diretrizes, pois refere-se ao impacto sofrido pela empresa dada a mudança de disponibilidade de serviços ecossistêmicos. Os impactos externos, ou as externalidades, conforme definição anterior, são considerados nestas diretrizes em separado.

**Inventário:** lista quantificada de indicadores.

**Quantificar:** medir, estimar ou calcular a partir de dados de outras variáveis um determinado indicador quantitativo.

**Serviço ecossistêmico:** contribuições diretas e indiretas dos ecossistemas ao bem-estar humano. Em outros termos, benefícios que as pessoas obtêm da natureza através de ecossistemas.

**Valor econômico:** a importância ou utilidade econômica do capital natural para o bem-estar da sociedade como um todo ou de grupos sociais específicos como, no caso destas diretrizes, empresas e seus negócios.

**Valoração econômica ambiental:** processo de estimar a importância ou utilidade econômica do capital natural para o bem-estar da sociedade como um todo ou de grupos sociais específicos e, no caso destas diretrizes, também para os negócios. Essa valoração pode ser qualitativa, quantitativa não monetária ou monetária; ou mesmo uma combinação dessas possibilidades.

**Valor monetário:** a expressão do valor econômico em unidades monetárias.

## SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS X SERVIÇOS AMBIENTAIS

Os termos “serviços ambientais” e “serviços ecossistêmicos” são muitas vezes utilizados para expressar o mesmo sentido. No entanto, têm uma diferença sutil. Os serviços ambientais são atividades humanas, individuais ou coletivas, que favorecem direta ou indiretamente a preservação, proteção, manutenção, conservação, recuperação ou melhoria de ser-

viços ecossistêmicos (FGB et al., 2017), enquanto os serviços ecossistêmicos são quaisquer contribuições da natureza para o bem-estar humano (conforme definição acima), independentemente de uma ação humana que promova tais contribuições. Todos os serviços ambientais são serviços ecossistêmicos, mas o inverso não é verdadeiro.

## SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS

**Provisão de Água:** papel dos ecossistemas no ciclo hidrológico da água e sua contribuição em termos de quantidade de água, definida como sua produção total de água doce.

**Provisão de Bens Ecossistêmicos:** parte dos serviços ecossistêmicos de provisão, que resultam de processos ecológicos produzindo bens tangíveis úteis ao bem-estar humano. Podem ser considerados tanto bens ecossistêmicos que resultem de atividade produtiva antrópica (ex.: agropecuária), como resultem de coleta diretamente de áreas naturais (ex.: extrativismo).

**Provisão de Biomassa Combustível:** capacidade dos ecossistemas em produzir biomassa que possa ser utilizada como combustíveis, tais como madeira, carvão, resíduos de culturas agrícolas, etc.

**Recreação e Turismo:** papel dos ecossistemas como locais onde as pessoas encontram oportunidades para descanso, relaxamento e recreação.

**Regulação da Assimilação de Efluentes:** capacidade dos ecossistemas de degradar, reduzir ou eliminar toxicidade, desinfetar ou diluir uma carga poluente.

**Regulação da Erosão do Solo:** papel dos ecossistemas no controle de processos erosivos do solo – processos naturais, mas que podem ser acelerados ou retardados em função do tipo de uso e da prática de manejo de solo adotados.

**Regulação da Qualidade da Água:** papel dos ecossistemas no controle da qualidade da água, considerando-se parâmetros físicos, químicos e biológicos.

**Regulação de Polinização:** capacidade dos ecossistemas de regular as populações de espécies animais que promovem a polinização de diversas espécies vegetais, em especial culturas agrícolas.

**Regulação do Clima Global:** papel dos ecossistemas nos ciclos biogeoquímicos do carbono e do nitrogênio, influenciando, assim, as emissões de importantes gases do efeito estufa, como CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O, que afetam o clima global.

# Apresentação

Esta é a terceira versão das Diretrizes Empresariais para Valoração Econômica de Serviços Ecosistêmicos (Devese 3.0), resultado do trabalho desenvolvido na iniciativa empresarial Tendências em Serviços Ecosistêmicos, TeSE. A TeSE tem como missão articular o setor empresarial para a construção de estratégias e ferramentas que contribuam para uma gestão cada vez mais sustentável de suas dependências, impactos, externalidades, riscos e oportunidades relacionadas ao capital natural e, em especial, aos serviços ecosistêmicos.

## QUAL O PROPÓSITO DESTAS DIRETRIZES?

Estas diretrizes foram criadas com o intuito de orientar a elaboração de análises simplificadas de valoração econômica de serviços ecosistêmicos, as quais sirvam de subsídio para a tomada de decisões empresariais estratégicas e táticas. Foi dada preferência a métodos de aplicação fácil, rápida e de baixo custo; de forma a dispensar, se não completamente, pelo menos parcialmente, a necessidade de apoio de consultorias externas especializadas no tema.

Em última instância, o propósito destas diretrizes é o envolvimento direto de seu usuário no processo de valoração econômica, o que facilita a compreensão da dimensão econômica do serviço ecosistêmico que está estudando e das incertezas associadas às estimativas de valor econômico obtidas.

## PARA QUEM ESTAS DIRETRIZES SÃO DESTINADAS?

Estas diretrizes foram originalmente concebidas como uma ferramenta de apoio à tomada de decisão de negócios, a ser utilizada por analistas das áreas de sustentabilidade ou finanças de empresas. Entretanto, não há restrições a seu uso por outros tipos de organizações.

## COMO UTILIZAR ESTAS DIRETRIZES?

A **Introdução** traz os conceitos de serviços ecosistêmicos e de seus valores e importância econômica.

O capítulo de **Planejamento do Estudo** dá as recomendações para definir o objetivo do estudo de valoração e seu escopo, em especial a seleção de quais serviços ecosistêmicos serão valorados.

Em seguida, o capítulo **Métodos para a Quantificação e Valoração Econômica de Serviços Ecosistêmicos** descreve as diretrizes metodológicas de cada um dos serviços ecosistêmicos, para que se obtenha as informações de quais dados são necessários. As diretrizes para cada serviço ecosistêmico são independentes, ou seja, não é necessário aplicar as diretrizes de todos os serviços ecosistêmicos.

A etapa seguinte é o levantamento de dados, internos e externos.

De posse dos dados, inicia-se a etapa de aplicação das diretrizes para obter as estimativas finais de valor econômico, o que pode ser feito com apoio da ferramenta de cálculo disponível no site da TeSE<sup>1</sup>.

O capítulo **Incorporando Valores Econômicos Associados a Serviços Ecosistêmicos nas Decisões de Negócios** apresenta como inserir os resultados obtidos na valoração em processos e ferramentas que as empresas já utilizam no apoio à tomada de decisões de negócios, tais como Retorno sobre o Investimento (ROI), Payback, Análise de Custo-Benefício, entre outros.

---

1 [www.fgv.br/ces/tese](http://www.fgv.br/ces/tese)





# Introdução

A biodiversidade, junto ao meio físico (como solo, água, clima, relevo) são os componentes fundamentais dos ecossistemas. A perda da biodiversidade, portanto, prejudica as funções e resiliência<sup>2</sup> dos ecossistemas, ameaçando, assim, o fluxo de serviços ecossistêmicos que beneficiam a sociedade atual e dos quais dependerão as gerações futuras. Ecossistemas podem se modificar de forma abrupta e imprevisível e a maior parte dos ecossistemas tem sido alterada pelas atividades humanas de uma maneira sem precedentes<sup>3</sup>. Essas ameaças tendem a aumentar em função das mudanças do clima e do crescente consumo humano de recursos naturais<sup>4</sup>, tornando-se cada vez mais difícil projetar a disponibilidade dos serviços ecossistêmicos no futuro<sup>5</sup>.

Não é prudente esperar por aviso prévio sobre as mudanças na disponibilidade de serviços ecossistêmicos ou que respostas a crises anteriores na disponibilidade desses serviços sejam eficazes no futuro<sup>6</sup>. A conservação e a recuperação dos ecossistemas, portanto, são responsabilidade e beneficiam a todos: governo, setor privado e a sociedade como um todo.

As contribuições dos ecossistemas, ou capital natural, para a sociedade são essenciais para a atividade econômica; já que todos os produtos econômicos decorrem, em algum grau, da transformação de matérias-primas originadas na natureza<sup>7</sup>. Costanza et al (2014), atualizando suas estimativas de 1997, avaliaram o valor econômico global de serviços ecossistêmicos em 2011 entre US\$ 125 e US\$ 145 trilhões, praticamente o dobro do PIB mundial em 2013 – estimado pelo Banco Mundial em aproximadamente US\$ 76 trilhões. Costanza et al (2017) reforçam

que serviços ecossistêmicos são fundamentais para a economia mundial e indicam que seus valores não estão sendo devidamente contabilizados nas estatísticas econômicas oficiais.

As empresas, enquanto agentes econômicos, dependem de ecossistemas e interagem com eles de duas maneiras: a) utilizam serviços ecossistêmicos, o que inclui a provisão de matérias-primas; e, b) contribuem para as mudanças nos ecossistemas<sup>8</sup>. Muitas dessas interações alteram os ecossistemas, seja retirando recursos em ritmo maior do que sua capacidade de reposição, seja pela poluição causada pela atividade econômica da empresa. A degradação ambiental resultante afeta tanto os ecossistemas dos quais as empresas se beneficiam diretamente quanto aqueles que, se não contribuem diretamente para os negócios, contribuem para o bem-estar da sociedade.

A elevação de custos operacionais, a redução da flexibilidade nas operações e o aumento nas restrições legais são alguns dos impactos nos negócios que devem ser esperados em função da degradação de serviços ecossistêmicos<sup>9</sup>. A perda de licença social para operar e de competitividade em relação às empresas que melhor e mais rapidamente se adaptarem a esse contexto são outras ameaças que devem ser consideradas. Atentas a este contexto, algumas empresas vêm buscando a integração do capital natural nas suas estratégias de negócios.

A identificação de novas oportunidades de negócios é outra possibilidade. Existem exemplos de empresas explorando econômica e sustentavelmente os benefícios do capital natural mesmo quando estes não estão relacionados diretamente às suas operações.

---

2 A resiliência de um ecossistema é sua capacidade de recuperar o estado e dinâmica originais após sofrer um distúrbio.

3 (MA, 2005)

4 (DE GROOT et al., 2012)

5 (FARLEY, 2012; MA, 2005)

6 (MA, 2005)

7 (FARLEY, 2012)

---

8 (MA, 2005b; NCC, 2016)

9 (MA, 2005b)

O capital físico e tecnológico não substitui o capital natural na maioria das situações<sup>10</sup>, e mesmo quando a substituição é possível, ela tende a ser apenas parcial e pode nem mesmo ser eficiente do ponto de vista econômico.

O caso de Catskill-Delaware, em Nova Iorque, é um exemplo no qual o investimento em capital natural se mostrou mais barato e tão efetivo quanto o investimento em capital físico e tecnológico, além de gerar cobenefícios que os capitais físicos e tecnológicos não ofereciam. No final da década de 1980 e diante da crescente degradação ambiental de seus mananciais, a cidade de Nova Iorque começou a ver a qualidade de sua água declinar em função do aumento de poluição difusa. A solução inicialmente prevista para essa situação era a construção de uma estação de tratamento de água, e esse empreendimento foi orçado a custos de US\$ 4 a US\$ 6 bilhões de investimento na estrutura, mais US\$ 250 milhões de custos operacionais anuais. O impacto na conta de água dos cidadãos nova-iorquinos seria significativo<sup>11</sup>. A alternativa encontrada foi proteger e restaurar os serviços ecossistêmicos locais, o que demandou investimentos iniciais de US\$ 1,4 bilhão<sup>12</sup> e custos operacionais na ordem de 1/8 dos custos da planta de tratamento de água anteriormente prevista<sup>13</sup>. A alternativa também gerou diversos cobenefícios ambientais e socioeconômicos, como recuperação e disponibilização de áreas para recreação e lazer e desenvolvimento rural sustentável. A situação enfrentada por Nova Iorque é muito semelhante à de empresas que captam sua própria água, ou às que operam reservatórios; e as possibilidades estratégicas para a tomada de decisão são também muito semelhantes.

## ENTENDENDO O VALOR DOS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS

A importância dos serviços ecossistêmicos para a sociedade tem diferentes dimensões: ecológica, que diz respeito à resiliência e integridade necessária para que os ecossistemas mantenham a provisão de seus serviços; sociocultural, relacionada a crenças e valores culturais; e econômica, baseada em utilidade como medida de bem-estar social<sup>14</sup>. Entretanto, sua integração aos processos de tomada de

decisão de negócios ou políticas públicas não é trivial e pede inovação em práticas, processos e estratégias. Um dos maiores desafios nesse sentido tem sido o dimensionamento e, mais especificamente, a quantificação e valoração econômica das dependências, impactos e externalidades em relação aos serviços ecossistêmicos.

A quantificação e a valoração econômica oferecem informações de base quantitativa úteis tanto para a tomada de decisão de negócios como para o monitoramento dos resultados e impactos das decisões que foram tomadas. Mais de 50 casos de valoração econômica ambiental já foram desenvolvidos com o apoio da TeSE e publicados em: [www.fgv.br/ces](http://www.fgv.br/ces)

A valoração econômica busca contribuir para a tomada de decisão mais bem informada<sup>15</sup>. Ela permite a comparação de impactos, riscos, dependências e externalidades relacionados ao capital natural com seus equivalentes relacionados a outros tipos de capital (exemplo: capital tecnológico e humano). Essa comparação favorece uma tomada de decisão otimizada em termos da alocação desses diferentes tipos de capital – com melhores resultados para os negócios e para a sociedade.

A alocação econômica do capital natural não pode ser feita de forma eficiente apenas por mecanismos de mercado, pois grande parte dos componentes de valor do capital natural não possui preço. Além disso, preços de mercado são influenciados pelo poder de compra da demanda – que compreende apenas a parcela da sociedade que consegue acessar esse mercado – e, portanto, tendem a distorcer o valor econômico do capital natural no contexto da sociedade como um todo, já que não incorporam a percepção de valor daqueles que não conseguem acessar esse mercado<sup>16</sup>. Desse modo, as decisões de negócios que envolvam direta ou indiretamente capital natural não podem ser feitas exclusivamente com base em informações de mercado<sup>17</sup>.

O capital natural é, em última instância, patrimônio da sociedade e determinante da qualidade de vida das pessoas. Em função disso, a sociedade tem se tornado cada vez menos tolerante com externalidades negativas e as decisões de consumo começam a privilegiar negócios e produtos mais sustentáveis.

10 (TEEB, 2012b)

11 (APPLETON, 2002)

12 (NICKENS, 1998)

13 (APPLETON, 2002)

14 (TEEB, 2012a)

15 (TEEB, 2012a)

16 (FARLEY, 2012)

17 (TEEB, 2012b)

As empresas, portanto, buscam a incorporação do capital natural e seus serviços ecossistêmicos em seus processos de tomada de decisão, atentas com riscos de escassez de serviços ecossistêmicos, sua imagem junto à sociedade e consumidores, e com a competitividade nos mercados nos quais atuam. Empresas que se anteciparem nesse sentido certamente terão vantagens competitivas para crescer, prosperar e assumir a liderança dos mercados nos quais atuam.

É importante, entretanto, nunca perder a perspectiva de que o valor econômico é apenas um dos componentes do valor total do capital natural e de seus serviços ecossistêmicos e que processos de tomada de decisão de negócios, portanto, devem considerar igualmente outros valores associados aos ecossistemas; sejam valores ecológicos<sup>18</sup>, sejam os diversos tipos de valores socioculturais<sup>19</sup> que não são contemplados nessas diretrizes. A valoração puramente econômica, apesar de gerar informações relevantes para os negócios, é normalmente uma subestimativa do valor total de um bem ou serviço ecossistêmico e deve ser entendida nessa perspectiva.

---

18 Diz respeito à integridade, saúde e resiliência de ecossistemas, ou as condições mínimas para que possam continuar provendo serviços ecossistêmicos (TEEB, 2012a).

19 Estético, espiritual, inspiração cultural, cognitivo, relações sociais, entre outros, dependendo do autor.



# Planejamento do estudo

Um estudo de valoração de serviços ecossistêmicos visa subsidiar tomada de decisões para as quais interações, de dependência ou impacto, entre a empresa e os ecossistemas sejam relevantes. Para facilitar a aplicação destas Diretrizes pela empresa, os processos e métodos sugeridos aqui têm sinergias com outros métodos e instrumentos utilizados por empresas com boas práticas de gestão corporativa, como estudos de impactos socioambientais, sistemas de gestão e certificações, avaliação de ciclo de vida, relatórios de sustentabilidade, entre outros.

O planejamento do estudo de valoração econômica deve interagir, adaptar-se e mesmo integrar-se a outras ferramentas e processos de gestão utilizados pela empresa, principalmente no que se refere ao levantamento de dados e informações.

O levantamento de informações necessárias ao estudo nem sempre é trivial. Por isso, **recomenda-se um planejamento cuidadoso que ajude organizar ações e otimizar seus esforços**. Esse planejamento deve resultar em um plano de trabalho, cuja estrutura básica é sugerida e comentada a seguir.

## Plano de trabalho

### Objetivo do estudo de valoração de serviços ecossistêmicos

Determina o uso que se pretende dar às estimativas de valor econômico associado aos serviços ecossistêmicos, e deve estar diretamente relacionado com a decisão de negócio que será subsidiada por essas informações. A seguir são listadas algumas possibilidades de aplicações dos valores estimados para serviços ecossistêmicos nas decisões de negócios<sup>20</sup>. Os resultados da valoração de serviços ecossistêmicos podem ser usados para mais de uma análise, desde que isto seja pensado no seu planejamento e o significado das estimativas e suas limitações sejam considerados cuidadosamente na avaliação dos resultados.

#### AVALIAÇÃO ECONÔMICO-FINANCEIRA DE RISCOS AOS NEGÓCIOS

Alterações na quantidade ou qualidade de serviços ecossistêmicos podem oferecer riscos aos negócios em função de sua dependência e impactos nos serviços ecossistêmicos. Os riscos de negócio relacionados a serviços ecossistêmicos podem ser de origem operacional, financeira, regulatória, reputacional ou ainda de mercado<sup>21</sup>.

#### AVALIAÇÃO DE NOVAS OPORTUNIDADES DE NEGÓCIOS

A estimação dos custos e benefícios relacionados a serviços ecossistêmicos de oportunidades de novos produtos ou serviços é interessante para que se avalie a viabilidade econômica dessa oportunidade.

#### ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE PROJETOS E POLÍTICAS CORPORATIVAS

Projetos e políticas corporativas podem afetar direta ou

---

20 Definidas a partir da experiência com os casos da TeSE e alinhadas com o Protocolo de Capital Natural (2016, p.20)

21 (HANSON et al., 2012)

indiretamente serviços ecossistêmicos, com consequências para a própria empresa ou públicos que se relacionam com a empresa ou com os ecossistemas em questão. Incorporar a dimensão de valores relacionados aos serviços ecossistêmicos pode representar decisões mais assertivas para a implementação do projeto ou política.

### COMPARAÇÃO E SELEÇÃO DE PROJETOS OU POLÍTICAS CORPORATIVAS CONCORRENTES

Alternativas de projeto ou política corporativa apresentam diferentes trade-offs, e estimativas de valor econômico de serviços ecossistêmicos podem contribuir na avaliação e seleção da alternativa, considerando interesses da empresa e da sociedade.

### MONITORAMENTO DE DESEMPENHO SOCIOAMBIENTAL

Estimar e acompanhar indicadores – quantitativos e/ou monetários – de serviços ecossistêmicos, como o valor total ou impacto líquido da empresa, unidade de negócio ou projeto, permite à empresa definir e monitorar metas e prazos. Essa é a lógica dos estudos de perdas e danos ambientais (EP&L – *environmental profits and losses*), cujo resultado pode ser comparado com o resultado financeiro do balanço anual da empresa. É possível fazer também o acompanhamento e avaliação do impacto em outros públicos de interesse.

### COMUNICAÇÃO DE DESEMPENHO SOCIOECONÔMICO E AMBIENTAL

A contabilização de indicadores de desempenho relacionados a serviços ecossistêmicos tem se tornado cada vez mais importante para comunicar os resultados das empresas para seus públicos de interesse, tanto internos quanto externos. Quando monetizados, esses indicadores se tornam mais acessíveis para análises complementares e por isso tais informações são particularmente interessantes para investidores.

Mais informações sobre a implementação desses tipos de análises são exploradas no capítulo **Incorporando valores econômicos associados a serviços ecossistêmicos nas decisões de negócios**.

## Escopo do estudo

Tendo em vista que o uso efetivo dos resultados e os demais passos da valoração dependerão do escopo definido, esse passo é um dos mais desafiadores e deve ser feito cuidadosamente envolvendo outras áreas e a alta administração da empresa. No decorrer do estudo, no entanto, o escopo pode ser revisitado e modificado conforme surgem novas informações ou barreiras, como a ausência de informações.

Para definir o escopo da análise são sugeridos seis tópicos: objeto, abordagem, cadeia de valor, área geográfica, serviços ecossistêmicos materiais e horizonte temporal.

### OBJETO DE ANÁLISE

Indica o recorte dos negócios a ser analisado: operações da empresa como um todo, unidade(s) de negócio, linha(s) de produto/serviço, planta(s) industrial(is), um processo produtivo em especial, obra(s), propriedades, projeto(s) ou política(s) corporativa(s).

### ABORDAGEM

Duas abordagens de análise são possíveis:

- **prospectiva** (ou *ex-ante*), quando são avaliados cenários em perspectiva futura, em geral relacionada ao projeto em análise, ou etapas sendo reavaliadas. Esta abordagem é mais utilizada para subsidiar decisões estratégicas sobre ações futuras;
- **retrospectiva** (ou *ex-post*), quando são avaliadas situações ocorridas ou que poderiam ter ocorrido, geralmente se referindo à avaliação de projeto parcial ou totalmente concluído, ou então a inventários que dimensionam dependências, impactos ou externalidades. Esta abordagem é mais utilizada para monitoramento e avaliações de resultados e desempenho.

### ETAPA DA CADEIA DE VALOR

A empresa pode focar nas operações próprias, ou analisar também sua cadeia de valor, podendo trabalhar *upstream* (fornecedores) ou *downstream* (clientes). A avaliação da cadeia de valor requer maior esforço de engajamento destes e disponibilidade de tempo para ter os dados no momento desejado<sup>22</sup>.

<sup>22</sup> Se o estudo de valoração focar na cadeia de valor, pode ser interessante usar a abordagem de pensamento de ciclo de vida.

## ÁREA GEOGRÁFICA

A área geográfica é determinante dos serviços ecossistêmicos que interagem com o objeto da análise e, portanto, decorre da definição do objeto de análise. É importante delimitar os limites geográficos de interesse para a análise, sejam eles locais ou regionais, e especificar a bacia hidrográfica que se encontra.

## SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS

### ASPECTOS

Aspectos<sup>23</sup> representam a interface das atividades das empresas com o ecossistema. Nestas Diretrizes, são adotados três diferentes aspectos de análise:

**Dependência:** necessidade de um serviço ecossistêmico para alcançar um determinado objetivo empresarial. A dependência representa a totalidade da necessidade de um serviço ecossistêmico e, portanto, o máximo grau de risco vinculado a este serviço ecossistêmico no escopo avaliado.

**Impacto interno:** consequência da alteração de disponibilidade de um serviço ecossistêmico para o objeto foco da análise. Pode ser positivo ou negativo, tendo por referência a situação atual.

**Externalidade:** consequência da alteração da disponibilidade de um serviço ecossistêmico, resultado de uma ação da empresa, que afeta outro agente não responsável por essa ação, e pela qual o responsável não é compensado (no caso de externalidade positiva) ou penalizado (no caso de externalidade negativa).

## ANÁLISE DE MATERIALIDADE

Dependendo da natureza das atividades da empresa, a relação com alguns serviços ecossistêmicos tende a ser mais importante do que com outros. Por esse motivo, é recomendável que a empresa foque os esforços de valoração nos serviços ecossistêmicos materiais. **Entende-se como materiais os serviços ecossistêmicos que tenham o potencial de alterar a tomada de decisão uma vez que tenham seus valores considerados para o objetivo e escopo da avaliação**<sup>24</sup>.

O potencial de alterar decisões, por sua vez, está relacionado aos riscos e oportunidades que determinada interação com os serviços ecossistêmicos representam para a empresa. Isso inclui externalidades, pois suas consequências para a sociedade podem refletir de alguma forma na empresa. Seis categorias de riscos e oportunidades, listadas no Quadro 1, podem ser referência para a análise de materialidade<sup>25</sup>, uma vez que são geralmente reconhecidas pela alta administração das empresas.

### Quadro 1 - Categorias de análise de riscos e oportunidades

- **Operacional:** refere-se às atividades operacionais da empresa.
- **Regulatório e legal:** refere-se a leis, normas, regulamentos e autorregulação privada, atuais ou futuras (potenciais).
- **Reputacional:** refere-se à imagem da empresa, de suas marcas, produtos e/ou serviços.
- **Mercado:** refere-se às preferências do consumidor em relação a produtos e/ou serviços atuais ou futuros (potenciais).
- **Financeiro:** refere-se a facilidades ou dificuldades, atuais ou futuras, para a empresa financiar suas atividades.
- **Sociedade:** refere-se a como as alterações do capital natural pode impactar significativamente a sociedade.

A análise de materialidade busca aprimorar o escopo do estudo de valoração, selecionando o que deve ser valorado dentre as diversas interações, reais e potenciais, que a empresa possa ter com diferentes serviços ecossistêmicos. Essas interações se manifestam na forma de dependências, impactos internos e externalidades.

Para apoiar a análise de materialidade são disponibilizadas perguntas guias no Quadro 2. O critério fundamental de materialidade é a magnitude, que nestas Diretrizes pode ser entendida como o nível ou gravidade da conse-

<sup>23</sup> Os Aspectos destas Diretrizes correspondem à perspectiva de valor no Protocolo do Capital Natural. O termo Aspecto tem sido usado desde a primeira versão da Devese e se tornou reconhecido pelas empresas.

<sup>24</sup> Este conceito de materialidade é baseado no Protocolo do Capital Natural (2017) e adaptado da OECD 2015 e IIR 2013.

<sup>25</sup> Para maiores detalhes sobre riscos e oportunidades aos negócios relacionados a serviços ecossistêmicos, consulte NCC (2016), WBCSD et al. (2011) e Hanson et al. (2012).

quência socioeconômica da alteração na quantidade ou qualidade de um serviço ecossistêmico, real ou potencial, para a empresa ou outros atores impactados.

Cabe reforçar que ações de mitigação ou compensação de impactos negativos causados pela própria empresa e determinadas por instrumentos legais (ex.: leis, licença para operar, Termo de Ajustamento de Conduta) só podem ser consideradas externalidades positivas se for constatado que houve (ou haverá) um benefício líquido; ou seja, um benefício maior que o dano original. Nesse caso, a externalidade positiva se limitará a esse benefício líquido.

### ROTEIRO PARA A ANÁLISE DE MATERIALIDADE

Em uma matriz de materialidade, coloque cada um dos serviços ecossistêmicos a ser analisado (exemplo na Tabela 1). Para cada categoria de risco e oportunidade, avalie eventuais dependências, impactos internos e/ou externalidades para cada um dos serviços ecossistêmicos analisado, e atribua um grau de importância a cada um desses aspectos. Recomenda-se classificar os serviços ecossistêmicos em **não material, baixa, média ou alta materialidade**. É importante registrar as premissas de avaliação da materialidade para que outras pessoas possam entender o que foi avaliado.

Tabela 1 - Modelo de matriz de análise de materialidade

RISCOS E OPORTUNIDADES PARA OS NEGÓCIOS		Serviço ecossistêmico 1	Serviço ecossistêmico 2	...
OPERACIONAL	Materialidade			
	Situação			
	Descrição			
LEGAL E REGULATÓRIO	Materialidade			
	Situação			
	Descrição			
FINANCEIRO	Materialidade			
	Situação			
	Descrição			
REPUTACIONAL	Materialidade			
	Situação			
	Descrição			
MERCADO	Materialidade			
	Situação			
	Descrição			

### Quadro 2 - Perguntas guias de apoio a avaliação de materialidade

#### DEPENDÊNCIAS E IMPACTOS:

- Esse serviço ecossistêmico é importante para empresa de forma que uma alteração na sua qualidade ou disponibilidade representaria consequências sérias, diretas ou indiretas, para a empresa?
- Em caso de perda ou redução desse serviço ecossistêmico, é possível substituir esse serviço ecossistêmico de maneira fácil e baixos custos, evitando impactos nas atividades empresariais?
- Se a redução do serviço ecossistêmico for de até 25%, as consequências seriam sérias para a empresa? E se a redução for de 50% em relação aos níveis atuais, quais as consequências para a empresa?

#### EXTERNALIDADES:

- A alteração da quantidade e qualidade do serviço ecossistêmico causada pela empresa é resultado de atividades de mitigação e compensação determinadas por instrumentos legais?
- A externalidade terá consequências sérias para os públicos afetados do ponto de vista deles?
- Existem alternativas de substituição dos benefícios aceitáveis por esses públicos, fáceis e de baixo custo?
- Qual a magnitude dessas consequências sob o ponto de vista dos públicos afetados? Quantas pessoas serão afetadas?

#### HORIZONTE TEMPORAL

Horizonte temporal é o período considerado na análise. Quando esse período é de até um ano, como normalmente ocorre nas análises retroativas do tipo inventário, os valores estimados são considerados atualizados, desde que os dados econômicos que subsidiaram a análise sejam atualizados. Se o horizonte temporal for maior do que um ano, é necessário atualizar as estimativas de valor para os anos seguintes para valor presente.

A atualização de valores futuros depende da escolha da taxa de desconto. A escolha da **taxa de desconto**<sup>26</sup> para análises que incluam capital natural é tanto uma questão econômica quanto uma questão ética. Os dilemas a considerar na seleção da taxa de desconto são discutidos no Quadro 3.

<sup>26</sup> Taxa utilizada para se descontar fluxos de caixa projetados para uma empresa e/ou projeto representando o retorno esperado pelo investidor. Para estimar a taxa de desconto, em geral, considera-se o Custo Médio Ponderado de Capital (WACC – Weighted Average Cost of Capital, em inglês). O WACC faz uma soma ponderada dos custos de capital de acordo com as fontes da estrutura de capital da empresa: capital próprio e capital de terceiros. (FGVces, 2018)

### Quadro 3 - Dilemas da atualização de valores econômicos futuros do capital natural

Taxas de desconto positivas depreciam valores futuros em relação a valores presentes. Desta forma, quanto maiores a taxa e o horizonte temporal, mais acentuado é esse efeito.

Muitas vezes, benefícios de serviços ecossistêmicos se apresentam na forma de fluxos que se repetem ao longo do tempo, enquanto os investimentos para restaurar ou conservar esses benefícios costumam se concentrar no curto prazo. Nessas condições, o desconto com taxa positiva deprecia os benefícios futuros dos serviços ecossistêmicos em relação aos custos de provê-los.

O serviço ecossistêmico de regulação do clima global é um exemplo de benefício ambiental distribuído no longo prazo, enquanto os custos de mitigação e adaptação aos impactos ambientais e socioeconômicos decorrentes da perda desse serviço ecossistêmico se concentram nos curto e médio prazos.

Essa lógica incentiva o consumo de recursos naturais no presente e pode comprometer a disponibilidade

desses recursos para as gerações futuras. Existem indícios suficientes de que isso vem acontecendo, como crises hídricas e desmatamento de florestas.

Neste contexto, taxas de juros de mercado (ex: SELIC, DI, TJLP, etc.) ou de custo de capital (ex: média ponderada de custo de capital – WACC, em inglês) não são consideradas adequadas para descontar benefícios ambientais que não têm seu valor vinculado ao custo de oportunidade do dinheiro.

Isto porque, no caso de serviços ecossistêmicos, muitas vezes o valor monetário estimado não pode, do ponto de vista de quem atribui valor ao serviço ecossistêmico, ser trocado ou substituído por dinheiro. Nesses casos, o valor monetário estimado não equivale ao custo de oportunidade do dinheiro.

Portanto, taxas de desconto social são consideradas mais adequadas para a valoração de serviços ecossistêmicos que não têm seu valor vinculado ao custo de oportunidade do dinheiro.

A taxa de desconto utilizada no estudo de valoração deve refletir o olhar da empresa quanto aos dilemas expostos; por isso, é recomendável discutir com outras áreas da empresa a escolha desta variável. A seguir, são indicadas quatro abordagens para uso de taxas de desconto:

1. **Taxa de custo do capital atual da empresa:** Abordagem padrão atual das empresas para avaliar suas decisões de investimento (ex. WACC). Estas taxas não consideram que o capital natural nem sempre é substituível por outros capitais, e pode promover inequidade intergeracional (Quadro 3).
2. **Taxa de desconto social:** Abordagem mais utilizada para a avaliação de políticas e projetos de impacto social. Esta taxa subestima o custo do capital financeiro investido. A taxa de desconto social indicada nestas Diretrizes é a praticada pelo Governo Britânico (Tabela 2).
3. **Taxa de desconto social reduzida:** Abordagem semelhante à anterior, porém que ajusta a preferência temporal pura a 0%, reduzindo mais a inequidade

intergeracional. Da mesma forma, subestima o custo do capital financeiro investido, mais do que no caso anterior. A taxa de desconto social reduzida indicada nestas Diretrizes é a praticada pelo Governo Britânico (Tabela 2).

4. **Combinação de duas taxas de desconto:** Esta abordagem compõe duas abordagens visando minimizar as distorções causadas por cada uma delas. Uso da taxa de custo de capital (abordagem 1) para os fluxos financeiros tradicionais, e da taxa de desconto social (abordagem 2 ou abordagem 3) para os fluxos socioambientais. Pode ser implementada da seguinte maneira:
  - 4.1 Identifique os fluxos financeiros tradicionais, que representam de fato movimentação financeira, e separe dos fluxos socioambientais monetizados, que representam serviços ecossistêmicos obtidos ou perdidos, mas que não implicam em movimentação financeira de fato.

- 4.2 Atualize os fluxos financeiros tradicionais por sua taxa de custo de capital, (abordagem 1); e atualize os fluxos socioambientais com uma das taxas de desconto social conforme a Tabela 2 (abordagem 2 ou abordagem 3).
- 4.3 Subtraia as estimativas de perdas das estimativas de ganhos, tanto financeiras como socioambientais, para se obter o valor final da análise, o qual será um indicador para a tomada de decisão.

**Tabela 2 - Taxas de desconto social e taxas de desconto social reduzida no horizonte temporal de 125 anos utilizadas pelo Governo Britânico.**

TAXA / PERÍODO (ANOS)	0 - 30	31 - 75	76 - 125
Taxa de desconto social	3,5%	3,0%	2,5%
Taxa de desconto social reduzida	3,0%	2,57%	2,14%

Fonte: (HM Treasury, 2018)

### DISPONIBILIDADE DE DADOS

Uma pré-avaliação da disponibilidade de dados é fundamental ainda na etapa de planejamento. Os dados necessários para as análises são indicados e definidos nos métodos apresentados para cada serviço ecossistêmico.

Para dados a serem coletados ou produzidos pela própria empresa, é necessário avaliar a disponibilidade e quem pode fornecê-los. Para os dados que não puderem ser obtidos internamente, é necessário avaliar se estão disponíveis e podem ser adquiridos e/ou produzidos externamente, ponderando se o estudo a ser feito com esses dados justifica os custos de sua aquisição.

É aconselhável a elaboração de um *checklist* contemplando os dados a serem levantados, os responsáveis pelo levantamento, a fonte da informação e os parâmetros técnicos desejados. Para dados obtidos de diferentes fontes (ex.: fornecedores), será necessário um cuidado com a uniformização das unidades de medida.

### EQUIPE

A montagem da equipe deve considerar as necessidades de levantamento e análise de dados. É fundamental uma análise consistente da capacidade interna e disponibilidade de tempo. Caso sejam insuficientes para atender às

demandas do estudo, deve ser considerada a contratação de apoio externo. Recomenda-se uma equipe com os seguintes componentes:

- **Alta administração:** O engajamento de um ou mais representantes da alta administração respalda o planejamento, o desenvolvimento dos trabalhos e o uso dos resultados na tomada de decisão. Seu envolvimento é desejável na concepção da análise (objetivo e escopo) e dá suporte à alocação de equipe interna e ao acesso a dados internos, atendimento ao cronograma planejado, e integração dos resultados de serviços ecossistêmicos nos processos de tomada de decisão de negócios.
- **Coordenação do trabalho:** É essencial um líder para coordenar as atividades. Preferencialmente, o coordenador deve conhecer as operações da empresa e ter algum domínio técnico sobre valoração econômica ambiental. Suas responsabilidades incluem: a) articular e garantir a dinâmica de execução dos trabalhos e o atendimento ao cronograma e objetivos do plano de trabalho; b) solicitar às diferentes áreas envolvidas o fornecimento de dados; c) coordenar os trabalhos dos analistas internos; d) contratar e coordenar os trabalhos de eventuais analistas externos; e e) articular o engajamento dos fornecedores/clientes se a análise abordar a cadeia de valor.
- **Analistas internos:** São responsáveis pela coleta, verificação e tabulação dos dados, pela aplicação dos métodos de valoração e produção dos resultados das análises.
- **Equipe externa:** Pode ser relevante para as funções de coordenação ou análise, na ausência de equipe interna disponível para cumprir essas funções.

### ORÇAMENTO

Elaborar um orçamento e aprová-lo internamente é importante para que seja possível contingenciar os recursos necessários para a execução dos trabalhos. Exemplos de atividades cujos custos devem ser considerados são: a) geração de dados internos; b) aquisição de dados externos; c) alocação de equipe; d) deslocamentos e viagens; e e) contratação de terceiros.

### CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

O cronograma detalhado com as diferentes atividades a serem realizadas e seus respectivos prazos e responsáveis apoia e facilita o controle das atividades do estudo.

# Métodos para a quantificação e valoração econômica de serviços ecossistêmicos

A seguir, são apresentadas diretrizes metodológicas para a quantificação e valoração econômica de dependências, impactos internos e externalidades para nove serviços ecossistêmicos, conforme a Tabela 3.

Existem diversas formas de classificar serviços ecossistêmicos apresentadas no Quadro 4. **A tipologia adotada nestas diretrizes para a classificação dos serviços ecossistêmicos é a proposta pelo TEEB (2012a).** As diretrizes metodológicas são independentes para cada serviço ecossistêmico, portanto, a empresa pode analisar apenas os serviços ecossistêmicos materiais para o escopo definido para o estudo.

As descrições dos serviços ecossistêmicos são baseadas em suas definições teóricas e adaptadas para se aproximar da realidade da gestão ambiental empresarial. Na definição das abordagens metodológicas foi dada preferência a **métodos simplificados que fossem capazes de produzir estimativas realistas do ponto de vista econômico e representativas da realidade empresarial.** Para tanto, priorizaram-se procedimentos metodológicos alinhados com ações normalmente consideradas pelas empresas na prevenção ou remediação de danos ambientais, contribuindo para uma avaliação econômica prévia de alternativas de ação de gestão.

## Quadro 4 - Diferentes classificações de serviços ecossistêmicos

### TEEB (<http://www.teebweb.org/>)

O TEEB (The Economics of Ecosystems and Biodiversity) classifica os serviços ecossistêmicos em quatro grupos: provisão, regulação, habitat ou suporte, e culturais.

### CICES (<https://cices.eu/>)

A CICES (Common International Classification of Ecosystem Services) classifica os serviços ecossistêmicos em três grupos, chamados de sessões: provisão, regulação e manutenção, e culturais.

### FEGS-CS (<https://www.epa.gov/eco-research/final-ecosystem-goods-and-services-classification-system-fegs-cs>)

A FEGS-CS (Final Ecosystem Goods and Services Classification System) classifica serviços ecossistêmicos com base em quatro critérios: classe e subclasse ambientais e categoria e subcategoria de beneficiário.

### IPBES (<https://www.ipbes.net/>)

A IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services) está em fase final de preparação de uma classificação de serviços ecossistêmicos baseada em três categorias: materiais, não materiais e regulação.

É importante reforçar que os métodos indicados **não estimam o valor total de bem ou serviço ecossistêmico**, mas apenas seu valor econômico e que, ainda assim, a estimativa muitas vezes se limita a uma ou outra dimensão do que se considera o valor econômico total associado ao capital natural<sup>27</sup>.

O processo de tomada de decisão de negócios, portanto, não deve ignorar outros múltiplos valores associados aos ecossistemas, sejam valores intrínsecos, valores ecológicos<sup>28</sup> ou os múltiplos valores de natureza socioculturais<sup>29</sup> não considerados nestas diretrizes. Enfim, a valoração puramente econômica, apesar de gerar informações relevantes para os negócios, é normalmente uma subestimativa do valor total de um bem ou serviço ecossistêmico e deve ser entendida nessa perspectiva.

Os métodos sugeridos para os aspectos de dependências e impactos internos nessas diretrizes são baseados na premissa de que toda dependência está associada a um risco, e que a realização desse risco se traduz em um impacto sofrido pela empresa. Como muitas das variáveis utilizadas nas diretrizes são as mesmas para ambos, para os impactos internos são descritas apenas aquelas que não foram descritas anteriormente para dependência em relação ao mesmo serviço ecossistêmico. Nas diretrizes para externalidades, todas as variáveis são descritas, mesmo aquelas comuns às diretrizes para dependências e impactos internos.

Os métodos para quantificação e valoração são descritos e exemplificados nestas diretrizes, porém suas complexidades variam de acordo com as premissas ecológicas e econômicas que os embasam. Todos os métodos descritos a seguir podem ser implementados por meio da ferramenta de cálculo da Devese, disponibilizada gratuitamente pela TeSE em [www.fgv.br/ces/tese](http://www.fgv.br/ces/tese).

*Tabela 3 - Resumo dos indicadores de quantificação e métodos de valoração econômica adotados*

SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS	DEPENDÊNCIA	
	QUANTIFICAÇÃO	VALORAÇÃO
<b>1. Provisão de água (quantidade)</b>	Água demandada / produto ou serviço.	MCR, MFP
<b>2. Provisão de biomassa combustível</b>	Biomassa utilizada / demanda total de combustível.	MPM
<b>3. Provisão de bens ecossistêmicos (BE)</b>	Quantidade de BE necessária à produção	MPM, MCR, MFP
<b>4. Regulação da qualidade da água</b>	Qualidade desejada / Pior qualidade conhecida.	MCR
<b>5. Regulação da assimilação de efluentes líquidos</b>	-	-
<b>6. Regulação do clima global</b>	-	-
<b>7. Regulação de polinização</b>	Produtividade adicional em função de polinização por abelhas.	1. MCR 2. MFP
<b>8. Regulação de erosão do solo</b>	1. Perda potencial local de nutrientes do solo. 2. Turbidez potencial na água captada.	MCR
<b>9. Recreação e turismo</b>	-	-

*MCR = Método do Custo de Reposição; MPM = Método de Preços de Mercado; MCO = Método do Custo de Oportunidade; MCE = Método de Custos Evitados; MFP = Método de Função da Produção; MCV = Método do Custo de Viagem*

<sup>27</sup> (TEEB, 2012a)

<sup>28</sup> Diz respeito à integridade, saúde e resiliência de ecossistemas, ou as condições mínimas para que possam continuar provendo serviços ecossistêmicos (TEEB, 2012a).

<sup>29</sup> Estético, espiritual, inspiração cultural, cognitivo, relações sociais, entre outros, dependendo do autor.

IMPACTO INTERNO		EXTERNALIDADE		CONSIDERAÇÕES IMPORTANTES
QUANTIFICAÇÃO	VALORAÇÃO	QUANTIFICAÇÃO	VALORAÇÃO	
Déficit hídrico.	MCR, MFP	Balanço hídrico em bacias hidrográficas críticas.	MCR, MFP	Externalidade só em caso de escassez hídrica crítica.
Quantidade da alternativa energética mais custo efetiva.	MCR	1. Produtividade da atividade econômica removida. 2. Emissões de GEE de alternativas fósseis.	1. MCO 2. MCR	-
Quantidade disponível (ponderada por sua qualidade) – quantidade demandada na qualidade requerida	MPM, MCR, MFP	Demanda da empresa e sociedade > disponibilidade ponderada por sua qualidade	MPM, MCR, MFP	Adequado para BE de uso final ou de uso como insumos. Externalidade só em caso de escassez.
Qualidade obtida/Qualidade desejada.	MCR	Qualidade a montante/ Qualidade a jusante.	MCE	Não estão definidos impactos ou externalidades positivos.
-	-	Carga poluente que gera alteração ambiental.	MCE	Dependência equivale a externalidade. Não foi definido impacto interno.
-	-	Remoções e emissões biogênicas de GEE. Desmatamento evitado.	MCR	Dependência equivale a externalidade. Não foi definido impacto interno.
1. Esforço de reposição de polinização. 2. Variação na oferta de polinização natural.	1. MCR 2. MFP	Variação na oferta de polinização natural para terceiros.	MFP	-
1. Perda local de nutrientes do solo. 2. Turbidez na água captada.	MCR	Turbidez na água a jusante.	MCR	-
1. Visitação por período. 2. Produtividade da alternativa de uso do solo.	1. MCV (parcial) 2. MCO	Deslocamento, e custos associados (alimentação, etc.) e custo do tempo destinado à visita	MCV (parcial), MCO	Não foi definida dependência neste caso.

## Provisão de água

Diz respeito à quantidade de água doce utilizada pela empresa sem considerações sobre a qualidade dessa água. São aqui abordados dependência, impacto interno e externalidade. Quanto aos métodos de valoração, são propostas duas possibilidades: **método do custo de reposição - MCR** (Anexo 1) e **método da função da produção - MFP** (Anexo 2).

O MCR pode ser utilizado quando é viável a reposição por um bem ou serviço que desempenhe a mesma função. Já o MFP é recomendado para situações em que não há um bem ou serviço substituto para a mesma função, ou quando a substituição pelos bens e serviços alternativos é muito onerosa. Pode ser o caso de aplicar ambos os métodos para comparação e optar pela alternativa estratégica preferida pela empresa: repor a água que falta ou interromper a produção. O MFP oferece uma valoração mais precisa por não ser sensível às variações de preços de bens ou serviços substitutos ou complementares utilizados em métodos como o MCR. Entretanto, o MFP baseia-se em uma função dose-resposta que pode ser difícil de estimar.

## Dependência

A dependência, neste caso, refere-se à quantidade de água necessária para atender à demanda total de produção ou de prestação de serviços pela empresa.

### QUANTIFICAÇÃO

Indicador físico:  $DQa = Qa_d / Qp_{max}$   
Sendo  $Qa_d = Qa_u + Qa_i$

Em que:  $DQa$  = Dependência de Quantidade de água;  
 $Qa_d$  = Quantidade de água total demandada, em  $m^3$ ;  
 $Qa_u$  = Quantidade de água utilizada no período, em  $m^3$ ;  
 $Qa_i$  = Quantidade de água demandada, mas indisponível no período, em  $m^3$ ;  
 $Qp_{max}$  = Quantidade máxima de produtos ou serviços, em sua respectiva unidade física.

Para calcular  $Qa_d$  será necessário medir todo o volume de água demandado tanto no processo produtivo quanto nas atividades de apoio das operações da empresa. Esse mon-

tante de água inclui tanto a água utilizada no período,  $Qa_u$ , como a água demandada, mas indisponível,  $Qa_i$ .

Na contabilização da água total demandada,  $Qa_d$ , devem ser consideradas: a) a água utilizada no processo produtivo, incorporada ou não ao produto; b) a água perdida (por evaporação, vazamento, etc.); e c) a água de uso indireto (para manutenção de atividades administrativas ou de apoio, como a água utilizada em banheiros, cozinhas e na limpeza das instalações administrativas).

O volume de água utilizada no período,  $Qa_u$ , corresponde a: a) água que é captada diretamente pela empresa (águas superficiais, subterrâneas ou da chuva); b) água fornecida e tarifada por empresas de abastecimento; c) água necessária à produção agrícola, quando for o caso. A água perdida no processo produtivo e a água utilizada indiretamente devem ser contabilizadas. Para contabilizar a água utilizada no período pode-se recorrer aos métodos da *Pegada Hídrica*<sup>30</sup>. Especificamente para a água utilizada na produção agrícola, na falta de dados primários próprios, pode-se utilizar estimativas publicadas em estudos específicos<sup>31</sup>.

Quanto ao volume de água demandado, mas indisponível no período,  $Qa_i$ , pode ser obtido da área operacional da empresa, ou estimado com base no crescimento da produção que se espera obter com esse volume adicional de água.

Para  $Qp_{max}$  deve-se considerar a máxima produção que a estrutura atual da empresa poderia atingir na hipótese de ter disponível toda a água que demanda. Na contabilização desse indicador deve ser adotada a métrica mais adequada à produção da empresa, como medidas de volume ou massa ( $m^3$ , toneladas, litros, etc.), no caso de indústrias, e número de colaboradores, no caso de prestadoras de serviço. Se a empresa produz mais de um produto, e esses têm características distintas, pode calcular o indicador físico de dependência,  $DQa$ , separadamente para cada um deles.

30 A pegada hídrica de uma empresa ou de uma de suas unidades corresponde a toda a água doce que é utilizada direta ou indiretamente em suas atividades.

31 Já existem estudos para diversos produtos que podem ser livremente acessados sob o link "Product Water Footprints", no site: [www.waterfootprint.org](http://www.waterfootprint.org). Caso não haja estimativas para o produto de interesse, pode-se utilizar como aproximação a estimativa feita para algum produto de características semelhantes.

## VALORAÇÃO

VALORANDO VIA MCR:

O MCR, neste caso, estima os custos para a empresa repor a quantidade de água demandada da qual sua produção depende.

$$\text{Valor da dependência} = Qa_d \times \$pa_{imp} + \$log_{ia}$$

Em que:  $\$pa_{imp}$  = Preço da água importada (trazida de outra bacia hidrográfica), em R\$/m<sup>3</sup>; e

$\$log_{ia}$  = Custos de logística com a importação da água, em R\$.

A determinação de  $\$pa_{imp}$  pode ser feita diretamente com empresas de abastecimento de água. Para esta avaliação, deve-se considerar a água nas condições de qualidade adequadas ao(s) uso(s) feito(s) pela empresa, independentemente da qualidade da água captada no período.

A determinação de  $\$log_{ia}$  também pode ser feita com empresas de abastecimento de água, já que a entrega do produto normalmente faz parte de seu portfólio de serviços, ou com outras empresas transportadoras. Caso seja necessário fazer algum ajuste de infraestrutura para receber a água comprada, os respectivos custos e quaisquer outros que se façam necessários também devem ser incluídos em  $\$log_{ia}$ .

VALORANDO VIA MFP:

O MFP, neste caso, estima o valor da produção sacrificada frente à indisponibilidade da totalidade da água demandada pela empresa.

$$\text{Valor da dependência} = \sum_i (Qp_i \times \$Rul_i)$$

Em que:  $Qp_i$  = Quantidade produzida do produto ou serviço  $i$  na ausência de escassez hídrica; e

$\$Rul_i$  = receita unitária líquida estimada para o produto ou serviço  $i$ , em R\$.

Ou seja, o valor será dado pela soma das receitas líquidas sacrificadas de cada produto ou serviço  $i$  comercializado pela empresa.

## Impacto interno

O impacto interno, neste caso, refere-se às consequências da escassez de água para as atividades da empresa.

### QUANTIFICAÇÃO

$$\text{Indicador físico: } Dh = Qa_i$$

Onde:  $Dh$  = Déficit hídrico que efetivamente compromete os níveis de produção, em m<sup>3</sup>;

A determinação de  $Qa_i$  deve ser feita nos mesmo termos descritos no tópico sobre dependência.

### VALORAÇÃO

VALORANDO VIA MCR:

O MCR, neste caso, estima os custos necessários para repor a parcela de água demandada, mas indisponível,  $Qa_p$ , equivalente ao déficit hídrico ( $Dh$ ).

$$\text{Valor do impacto interno} = Dh \times \$pa_i + \$log_{ia}$$

A determinação de  $\$pa_i$  e  $\$log_{ia}$  é feita nos mesmo termos descritos no tópico anterior sobre dependência.

VALORANDO VIA MFP:

O MFP, neste caso, estima o valor da produção da empresa sacrificada como consequência do déficit hídrico.

$$\text{Valor do impacto interno} = \sum_{i=1 \rightarrow J} (Sdh_i \times \$Rul_i)$$

Em que:  $J$  = conjunto dos produtos e/ou serviços produzidos pela empresa

$Sdh_i$  = Quantidade sacrificada do produto ou serviço  $i$  em função do déficit hídrico; e

$\$Rul_i$  = Receita unitária líquida estimada para o produto ou serviço  $i$ , em R\$.

Ou seja, o valor será dado pela soma das receitas líquidas sacrificadas de cada produto ou serviço  $i$  perdido pela empresa em função do déficit hídrico.

## Externalidade

A externalidade, neste caso, refere-se às consequências para outros usuários de água da captação da água pela empresa em bacias hidrográficas cuja disponibilidade hídrica<sup>32</sup> está comprometida. A informação sobre o status atual da disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica pode ser obtida de estudos técnicos, como mapas de estresse hídrico, bem como relatórios da Agência Nacional de Águas (ANA) e de agências de água de comitês de bacia locais ou regionais.

### QUANTIFICAÇÃO

Indicador físico:  $Bh = Qa_{cap} - Qa_{dev}$

Em que:  $Bh$  = Balanço hídrico do uso de água pela empresa, em  $m^3$ ;

$Qa_{cap}$  = Quantidade de água captada, em  $m^3$ ; e

$Qa_{dev}$  = Quantidade de água devolvida para o mesmo corpo d'água de onde foi captada, em  $m^3$ .

A devolução da água deve ser feita a montante da captação dos usuários imediatamente à jusante da empresa de forma a garantir que nenhum usuário, especialmente na vizinhança da empresa, sofra escassez relacionada a  $Qa_{cap}$ , ao invés de  $Bh$ <sup>33</sup>.

Essa versão de balanço hídrico não considera a água comprada porque assume que essa água está relacionada a externalidades do fornecedor de água. A empresa pode, a seu critério, incluir a água comprada nessa equação de balanço hídrico, caso queira ampliar o escopo de suas externalidades. A água extraída do solo diretamente pelas plantas também não entra na equação, mas pode ser

adicionada se a empresa quiser ampliar o escopo de suas externalidades.

### VALORAÇÃO

VALORANDO VIA MCR:

O MCR, neste caso, estima os custos de repor a água pela importação de água de outra bacia hidrográfica cuja disponibilidade hídrica não esteja comprometida. Essa abordagem valora a prevenção da externalidade, e não seus custos reais ou potenciais.

Valor da externalidade =  $Bh \times \$pa_i + \$log_{ia}$

Em que:  $Bh$  = Balanço hídrico do uso de água pela empresa, em  $m^3$ ;

$\$pa_i$  = Preço da água importada, em  $R\$/m^3$ ;

$\$log_{ia}$  = Custos de logística com a importação de água, em  $R\%$ .

VALORANDO VIA MFP:

O MFP, neste caso, estima o valor da produção sacrificada dos demais agentes econômicos afetados pelo déficit hídrico em função da água retirada do manancial pela empresa para atender à sua própria demanda.

Valor da externalidade =  $\sum_{k=1 \rightarrow Z} (Sdh_k \times \$Rul_k)$

Em que:  $Z$  = conjunto de produtos e/ou serviços produzidos pelos agentes econômicos afetados pelo déficit hídrico causado pela captação de água pela empresa.

$Sdh_k$  = Quantidade sacrificada de produtos ou serviços  $k$  em função do déficit hídrico; e

$\$Rul_k$  = Receita unitária líquida estimada para produtos ou serviços  $k$ , em  $R\%$ .

Ou seja, o valor será dado pela soma das receitas líquidas sacrificadas referentes ao conjunto de  $Z$  produtos e/ou serviços perdidos pelos agentes econômicos que forem afetados pelo déficit hídrico resultante da captação de água pela empresa.

A valoração dos custos das externalidades via MFP geralmente requer mais recursos, dada a dificuldade de obter dados que representem fielmente os danos sofridos (ou previstos). Neste caso, é necessário primeiro identificar os atores impactados com a falta de água e de que forma cada um deles é afetado por essa escassez. Só assim será possível aplicar o MFP adequadamente para externalidades.

32 Disponibilidade hídrica é conceituada na ISO 14046 como disponibilidade em que humanos e ecossistemas têm água suficiente para suas necessidades.

33 O balanço hídrico pode ser referido como uso consuntivo da água, isto é, usos que retiram água do manancial para a sua destinação reduzindo a sua disponibilidade espacial e temporal, como dessedentação de animais, irrigação, abastecimento público, processamento industrial, etc. Usos não consuntivos, que não envolvem o consumo direto da água, como geração de energia hidrelétrica, pesca, recreação, em geral têm balanço hídrico não representativo e, portanto, não apresentam externalidades relacionadas à quantidade de água. Para quantificação e valoração de provisão de água para hidrelétricas, consulte a nota técnica disponível em: <http://tendenciasemse.com.br/nota-tecnica-sobre-aplicacao-das-devese-e-desec-para-hidreletricas?locale=pt-br>

## Quadro 5 – Exemplo de provisão de água

**EXEMPLO: PROVISÃO DE ÁGUA<sup>34</sup>**

A Anglo American possui uma planta industrial de ferro-níquel em Barro Alto, Goiás, desde 2011, que teve investimento de US\$ 1,9. Ao longo de sua vida útil, produzirá em média 36.000 t de níquel contido em ferro-níquel por ano. O empreendimento representava importância estratégica, já que aumenta de 8% para 11% a participação da empresa no mercado (*market share*) internacional de ferro-níquel.

No processo produtivo, a água é utilizada com a função de troca térmica nas etapas de granulação do metal, refrigeração dos fornos elétricos e granulação do silicato de magnésio (rejeito do processo). Toda água utilizada nessas etapas é reaproveitada no circuito, caracterizando, assim, uma operação com descarte zero de água e com uma taxa de recirculação média de 85%. Portanto, de toda água que entra no circuito, em média 2.000.000 m<sup>3</sup> por mês, 15% necessita ser reposta devido à evaporação, que representa em média 300.000 m<sup>3</sup>, considerando uma variação entre os períodos de chuva (novembro a março) e estiagem (abril a outubro).

**DEPENDÊNCIA**

A planta utiliza o processo pirometalúrgico e conta com dois fornos elétricos de alta potência na etapa de redução do minério, sendo que a refrigeração da carga desses fornos é dependente das trocas térmicas com a água, além do material fundido, no caso o metal a 1.500°C, que depende da água para ser granulado e se solidificar. Portanto, a água é um elemento essencial para este processo.

**Quantificação**

$$\text{Ano 1: } DQa = Qa_d / Qp_{max} = (2.000.000 + 300.000 \times 11) / 36.000 = 147,22 \text{ m}^3/\text{t}$$

$$\text{Demais anos: } DQa = Qa_d / Qp_{max} = (300.000 \times 12) / 36.000 = 100 \text{ m}^3/\text{t}$$

O fornecedor que potencialmente teria capacidade de abastecer a planta de Barro Alto em caso de escassez de água na região seria a companhia de abastecimento de água do Estado de Goiás (SANEAGO), que cobra R\$ 5,98/m<sup>3</sup>. A planta de Barro Alto está afastada de áreas urbanas e por isso não é alcançada pela rede da SANEAGO. A cidade mais próxima de onde a rede poderia ser puxada fica a aproximadamente 50 km, e os custos dessa extensão da rede seriam cobertos pela empresa. Na construção de seu sistema de captação em Barro Alto, a Anglo American precisou investir aproximadamente R\$ 250.000,00/km na instalação da tubulação, mais custos com indenização de proprietários das terras onde essa tubulação está instalada. Entretanto, em um cenário de escassez, provavelmente os proprietários rurais também sofrerão com falta de água e, por isso, assume-se aqui que não cobrariam indenização por receber a tubulação em suas terras, já que também se beneficiariam dessa nova fonte de água.

**Valoração da Dependência por MCR**

$$\text{Ano 1} = Qa_d \times \$pa_{imp} + \$log_{ia} = (2.000.000 + 300.000 \times 11) \times 5,98 + (50 \times 250.000) = \text{R\$}44.194.000,00$$

No 1º mês do ano 1 seriam necessários 2.000.000 m<sup>3</sup> de água para manter os níveis de produção, enquanto nos demais meses seria necessário apenas repor a perda de 15% por evaporação. Ainda, nesse ano são contabilizados os custos da extensão da rede de água. Nos anos seguintes bastaria repor a água perdida por evaporação.

$$\text{Demais anos} = Qa_d \times \$pa_{imp} + \$log_{ia} = (300.000 \times 12) \times 5,98 = \text{R\$}21.528.000,00$$

Comparando os valores futuros previstos para os próximos 10 anos com sua atualização por uma taxa de 5% ao ano, a qual equivale à TJLP<sup>35</sup> no ano de 2014, obtém-se:

34 Este exemplo foi construído em 2014 para fins didáticos e utiliza dados cedidos pela Anglo American.

35 TJLP = Taxa de Juros de Longo Prazo praticada pelo BNDES

Valor em 10 anos, sem desconto = R\$ 215.280.000,00  
 Valor em 10 anos, com desconto = R\$ 166.233.509,56

Em suma, a atualização financeira por 10 anos depreciou o valor da provisão de água em 23%. Essa mesma depreciação ocorre para impactos e externalidades, mantida a mesma taxa e o mesmo período.

#### IMPACTO INTERNO

O impacto, neste caso, simulou uma redução parcial e permanente da disponibilidade hídrica da fonte de captação de água, cujo volume máximo a ser captado passa a ser 200.000 m<sup>3</sup>/mês.

#### Quantificação

$$Dh = Q\alpha_i = Q\alpha_d - Q\alpha_u = 300.000 \text{ m}^3/\text{mês} - 200.000 \text{ m}^3/\text{mês} = 100.000 \text{ m}^3/\text{mês}$$

#### Valoração do impacto interno por MCR

$$\text{Ano 1} = Dh \times \$pa_i + \$log_{ia} = (100.000 \times 12) \times 5,98 + (50 \times 250.000) = \text{R\$ } 19.676.000,00$$

$$\text{Demais anos} = Dh \times \$pa_i + \$log_{ia} = (100.000 \times 12) \times 5,98 = \text{R\$ } 7.176.000,00$$

#### EXTERNALIDADE

Assumindo o cenário hipotético em que a bacia hidrográfica na qual a empresa capta esteja com sua disponibilidade hídrica comprometida, o uso de água pela empresa implicaria escassez de água à jusante e, conseqüentemente, em externalidade.

#### Quantificação

$$\text{Ano 1: } Bh = Q\alpha_{cap} - Q\alpha_{dev} = (2.000.000 + 300.000 \times 11) - 0 = 5.300.000 \text{ m}^3$$

$$\text{Demais anos: } Bh = Q\alpha_{cap} - Q\alpha_{dev} = (300.000 \times 12) - 0 = 3.600.000 \text{ m}^3$$

#### Valoração da externalidade por MCR

$$\text{Ano 1: } Bh \times \$pa_i + \$log_{ia} = 5.300.000 \times 5,98 + (50 \times 250.000,00) = \text{R\$ } 44.194.000,00$$

$$\text{Demais anos: } Bh \times \$pa_i + \$log_{ia} = 3.600.000 \times 5,98 = \text{R\$ } 21.528.000,00$$

## Provisão de biomassa combustível

Diz respeito a toda matéria de origem vegetal ou animal que é utilizada como combustível. Nestas diretrizes é considerada apenas biomassa de origem vegetal. No caso deste serviço ecossistêmico, são avaliados dependência, impactos internos e externalidades.

### Dependência

A dependência, neste caso, refere-se à quantidade de biomassa combustível necessária para a atividade da empresa.

#### QUANTIFICAÇÃO

$$\text{Indicador físico: } DBc = Qb_d / Qc_d$$

$$\text{Sendo } Qb_d = Qb_u + Qb_i$$

Em que: DBc = Dependência de biomassa combustível, em percentual;

$Qb_d$  = Quantidade de biomassa demandada para as atividades da empresa (m<sup>3</sup>, tonelada, litros, etc.);

$Qc_d$  = Quantidade total de combustíveis demandada para as atividades da empresa (m<sup>3</sup>, tonelada, litros, etc.);

$Qb_u$  = Quantidade de biomassa utilizada atualmente (m<sup>3</sup>, tonelada, litros, etc.);

$Qb_i$  = Quantidade de biomassa indisponível no período (m<sup>3</sup>, tonelada, litros, etc.).

#### VALORAÇÃO

O método de valoração adotado é o de preços de mercado (MPM), que neste caso utiliza o preço de mercado da

biomassa combustível diretamente como estimativa de seu valor econômico para a empresa<sup>36</sup>.

$$\text{Valor da dependência} = Qb \times Pm_b$$

Onde:  $Pm_b$  = Preço de mercado da biomassa, em R\$

## Impacto interno

O impacto interno do uso de biomassa combustível nas atividades da empresa pode ser medido pela quantidade da fonte energética alternativa mais custo eficaz para a empresa e que seria necessária para substituir a biomassa indisponível no período ( $Qb_i$ ).

### QUANTIFICAÇÃO

$$\text{Indicador físico: } IBc = Qe_{alt} = Qb_i \times Fe_{pc}$$

Em que:  $IBc$  = Impacto da indisponibilidade de biomassa combustível; e

$Qe_{alt}$  = Quantidade da alternativa energética mais efetiva em custo, em suas respectivas unidades ( $m^3$ , kW, MW, tonelada, litros, etc.); e  
 $Fe_{pc}$  = Fator de equivalência de potencial calorífico que ajuste a quantidade da fonte energética alternativa para que gere o mesmo potencial calorífico que a biomassa considerada.

A quantidade da alternativa energética mais efetiva em custo,  $Qe_{alt}$ , deve ser equivalente à quantidade de biomassa demandada, mas indisponível ( $Qb_i$ ). O fator de equivalência de potencial calorífico,  $Fe_{pc}$ , pode ser obtido de dados secundários diretamente, ou deduzido dos potenciais caloríficos individuais da biomassa ( $Pc_b$ ) e da fonte alternativa ( $Pc_{alt}$ ) da seguinte forma:  $Fe_{pc} = Pc_b / Pc_{alt}$  com especial atenção na conversão de unidades entre as duas fontes energéticas.

## VALORAÇÃO

O método de valoração adotado é o de custos de reposição (MCR) (Anexo 1), que, neste caso, utiliza diretamente os preços de mercado da biomassa combustível e de sua alternativa energética mais custo eficaz como referência para estimar o valor monetário da opção pela biomassa.

$$\text{Valor do impacto interno} = Qe_{alt} \times Pm_{alt} - Qb_i \times Pm_b$$

Onde:  $Pm_{alt}$  = Preço de mercado da alternativa energética mais custo eficaz, em R\$

## Externalidades

As externalidades, neste caso, podem ser analisadas em duas perspectivas: 1) mudanças de uso da terra decorrentes da produção de biomassa; 2) emissões evitadas de GEE combustíveis fósseis, caso algum combustível fóssil seja a alternativa energética mais custo-eficaz para a empresa.

No primeiro caso são caracterizadas como externalidades as mudanças de uso da terra que removam atividades econômicas que estejam gerando benefícios para outras partes interessadas, em especial a produção de alimentos. Apenas devem ser consideradas mudanças de uso da terra decorrentes diretamente da demanda da empresa por biomassa.

No segundo caso, quando a alternativa energética mais efetiva em custo para a empresa for algum tipo de combustível fóssil, estimam-se suas emissões de GEE. Como o uso de biomassa implica emissões evitadas dessa alternativa fóssil, é considerado externalidade positiva.

### QUANTIFICAÇÃO

$$\text{Indicador físico 1: } EBC_{mut} = Pae_r \times A$$

Onde:  $EBC_{mut}$  = Externalidade associada à mudança de uso da terra em favor da produção de biomassa combustível;

$Pae_r$  = Produtividade anual média da atividade econômica removida, por unidade de área; e

$A$  = Área da atividade econômica removida.

<sup>36</sup> Cabe ressaltar que o preço de mercado nem sempre é um bom estimador de valor econômico, pois está sujeito às distorções de mercado, como assimetria de informação, dificuldade de acesso ao mercado para alguns, em especial aqueles de baixo de poder aquisitivo, etc.

A estimativa de  $EBC_{mut}$  deve considerar toda a área cuja atividade econômica foi substituída por produção de biomassas.

sa adquirida pela empresa. Por exemplo, se a produção de biomassa comprada pela empresa substituiu a produção de leite em uma área de 10 ha cuja produtividade era de 100 litros/ha x ano, então  $Pae_r = 100 \text{ l/ha} \times 10 \text{ ha} = 1.000 \text{ l/ano}$ .

Indicador físico 2:  $EBC_{af} = Qalt_f \times FEalt_f$

Em que:  $EBC_{af}$  = Externalidade decorrente de emissões evitadas de GEE da alternativa energética mais efetiva em custo para a empresa se essa alternativa for combustível fóssil, em  $tCO_2$  e;

$Qalt_f$  = Quantidade da alternativa energética fóssil necessária para substituir a biomassa utilizada pela empresa, em unidades como  $m^3$ , litro ou tonelada; e

$FEalt_f$  = Fator de emissão da alternativa energética fóssil mais efetiva em custo para a empresa.

O cálculo de  $EBC_{af}$  pode ser feito integralmente com a ferramenta de cálculo do *Programa Brasileiro GHG Protocol*, de livre acesso na internet<sup>37</sup>.

## VALORAÇÃO

O método de valoração adotado para o indicador 1 é o de custo de oportunidade (MCO) (Anexo 4)<sup>38</sup>, que neste caso estima o valor monetário da atividade econômica suprimida em favor de produção de biomassa.

O método de valoração adotado para o indicador 2 é o de custos de reposição (MCR) (Anexo 1), aqui utilizado para estimar os gastos que teoricamente seriam necessários para compensar prováveis impactos nocivos das mudanças climáticas sobre a sociedade, caso a biomassa combustível consumida pela empresa fosse substituída por combustíveis fósseis.

Valor total das externalidades =  $VEBc1 + VEBc2$

Sendo:  $VEBc1 = EBC_{mut} \times Pmae_r$ ;

$VEBc2 = EBC_{af} \times CSC$ ;

Em que:  $Pmae_r$  = Preço de mercado do produto ou serviço da atividade econômica removida pela expansão da produção de biomassa combustível, em R\$;

$CSC$  = Custo social do carbono, em R\$

Neste guia sugere-se o valor do CSC de US\$ 87,30 (Anexo 5), e deve ser convertido em reais pela cotação oficial do dólar americano divulgada pelo governo brasileiro<sup>39</sup>.

## Considerações finais

Resíduos da produção agrícola ou florestal não geram mudança de uso da terra; portanto, não devem ser considerados em  $VEBc1$  ou  $Pae_r$ .

Mudanças de uso da terra decorrentes da produção de biomassa que impliquem em desmatamento, mas não em substituição de atividade econômica, também geram externalidade. Esse tipo de externalidade, entretanto, deve ser mensurado e valorado em Regulação do clima global. Isso inclui tanto madeira como resíduos florestais.

37 Site de Programa Brasileiro GHG Protocol: [www.ghgprotocolbrasil.com.br](http://www.ghgprotocolbrasil.com.br)

38 Custo de oportunidade é definido por (DAILY & FARLEY, 2010) como “a melhor alternativa da qual se desiste quando uma escolha é feita”.

39 Taxas de câmbio, Banco Central do Brasil: [www.bcb.gov.br/?txcambio](http://www.bcb.gov.br/?txcambio)

## Quadro 6 – Exemplo de provisão de biomassa combustível

**PROVISÃO DE BIOMASSA COMBUSTÍVEL<sup>40</sup>**

Uma empresa processadora de alimentos utiliza 1.500 t de lenha de reflorestamento de eucalipto por ano como combustível para suas caldeiras. Suas instalações, todavia, possuem capacidade para aumentar a produção, o que demandaria um consumo energético 20% maior, caso os fornecedores locais tivessem capacidade de aumentar sua produção de lenha.

**DEPENDÊNCIA**

A planta industrial não funciona sem a energia obtida das caldeiras, o que torna a produção integralmente dependente do fornecimento de lenha.

**Quantificação**

$$DBC = Qb/Qtc = (Qb_u + Qb_i)/Qtc = (1.500 + 300) / 1.800 = 100\%$$

O preço da lenha foi cotado a R\$ 500,00/t, incluído o frete.

$$\text{Valor da dependência} = Qb \times Pm_b = 1.800 \times 500,00 = \text{R\$ } 900.000,00$$

**IMPACTO INTERNO**

Não há linha de transmissão de eletricidade nos arredores da planta industrial, sendo que a alternativa mais custo eficaz para substituir a biomassa indisponível  $Qb_i$  é o óleo diesel.

**Quantificação**

Sendo o poder calorífico do quilo de lenha aproximadamente 50% do poder calorífico do litro de óleo diesel, para substituir as 300 t de lenha de reflorestamento indisponíveis são necessários aproximadamente 150.000 l de óleo diesel.

$$IBC = Qe_{alt} = Qb_i^{41} \times Fe_{pc} = 300.000 \times 50\% = 150.000 \text{ l de óleo diesel}$$

O preço do óleo diesel foi cotado a R\$2,40/l, incluído o frete.

$$\begin{aligned} \text{Valor do impacto interno} &= Qe_{alt} \times Pm_{alt} - Qb_i \times Pm_b \\ &= 150.000 \times 2,40 - 300 \times 500,00 = \text{R\$ } 360.000,00 - \text{R\$ } \\ &150.000,00 = \text{R\$ } 210.000,00 \end{aligned}$$

**EXTERNALIDADES**

Dois tipos de externalidades podem ser caracterizados neste caso: 1) substituição de áreas de agricultura familiar para a produção de lenha de reflorestamento; 2) emissões evitadas pela substituição do óleo diesel por biomassa como combustível das caldeiras.

**Quantificação**

A produtividade média de florestas de eucalipto na região é de 50 m<sup>3</sup>/ha ano, equivalendo a aproximadamente 700 kg de lenha/ha. Sendo assim, para suprir a demanda de 1500 t anuais de lenha são necessários aproximadamente 2.200 ha de florestas de produção de lenha. Desse montante, pelo menos 200 ha substituíram áreas de pecuária leiteira de subsistência, cuja produtividade era de 1.500 l/ha x ano.

$$(1) EBC_{mut} = Pae_r \times A = 1.500 \times 200 = 300.000 \text{ l de leite por ano}$$

$$(2) EBC_{af} = Qalt_i \times FEalt_i = 150.000 \times 2,63 = 394.500 \text{ kgCO}_2\text{e} = 394,5 \text{ tCO}_2\text{e}$$

O preço do litro de leite foi cotado na região a R\$ 1,15.

$$\begin{aligned} \text{Valor das externalidades} &= EBC_{mut} \times Pmae_r + EBC_{af} \times \\ &CSC = 300.000 \times 1,15 + 394,5 \times (87,30 \times 3,30) = \text{R\$ } \\ &458.651,51 \end{aligned}$$

Taxa de câmbio utilizada: R\$ 3,30/US\$

<sup>40</sup> Esse exemplo é fictício, criado para fins didáticos, e os valores utilizados foram estimados a partir de consultas a documentos técnicos disponíveis na internet em 2017.

<sup>41</sup> Convertendo 300 t para kg, pois o fator de poder calorífico foi calculado com base em kg de lenha.

## Provisão de bens ecossistêmicos

Diz respeito à provisão de bens econômicos gerados por serviços ecossistêmicos diversos chamados nestas Diretrizes de Bens Ecossistêmicos de Interesse (BEI). São aqui abordados dependência, impacto interno e externalidade.

Dada a diversidade de BEI, de seus usos econômicos e da disponibilidade de dados econômicos para valorá-los, a Tabela 4 indica três alternativas de métodos de valoração monetária e descreve o cálculo do valor monetário (\$VM) para cada um dos métodos sugeridos. O \$VM será utilizado posteriormente na valoração, conforme diretrizes descritas abaixo para cada um dos aspectos.

**Tabela 4 - Sugestão de métodos de valoração para provisão de bens ecossistêmicos de interesse**

MÉTODOS	RECOMENDAÇÃO DE USO	VALOR MONETÁRIO (\$VM)
<b>Preço de mercado – MPM</b>	Quando os preços de mercado do BEI são estimativas razoáveis de valor econômico, isto é, quando são livres de falhas de mercado ou quando o BEI é de uso final e amplamente comercializado na região onde é produzido.	\$VM = preço de mercado local do BEI – custos diretos e indiretos de produção e comercialização.
<b>Custo de reposição – MCR (Anexo 1)</b>	Quando o BEI é de uso final e não é amplamente comercializado em mercados locais, ou para os quais os valores comercializados localmente são sabidamente distorcidos por subsídios ou qualquer outro tipo de falha de mercado <sup>42</sup> .	\$VM = custo de substituir o BEI por outro bem <sup>43</sup> + custos de transação da substituição ou da importação.
<b>Função da produção – MFP (Anexo 2)</b>	Quando o BEI é um insumo, incorporado ou não ao produto, pois considera o valor econômico que o insumo agrega ao produto final da empresa. É preciso ser cuidadoso ao estimar a produção sacrificada, pois sua relação com o insumo nem sempre é trivial. Pode ser alterada dependendo da escala de produção ou ao longo do tempo. O valor da produção sacrificada pode ser estimado pelo valor de sua receita líquida esperada, baseado no preço de mercado do produto final descontado de custos de produção e comercialização.	\$VM = valor da produção prejudicada em função da perda em quantidade ou qualidade do BEI.

## Dependência

A dependência, neste caso, refere-se à quantidade do BEI, na qualidade adequada, necessária para atender à demanda total da produção ou de prestação de serviços pela empresa.

<sup>42</sup> Outros exemplos: quando um único comprador ou vendedor pode influenciar o preço do mercado por meio de suas compras e vendas (no mercado competitivo, há tantos compradores e vendedores que nenhum deles consegue impor o seu preço aos demais), ou quando as informações sobre as reais características do produto ou serviço são pouco conhecidas pelos consumidores.

## QUANTIFICAÇÃO

Indicador físico:  $DBEI = Q_{pf}$

Em que:  $DBEI$  = Dependência em relação ao BEI;

$Q_{pf}$  = Quantidade do produto final da atividade econômica;

<sup>43</sup> O bem substituto pode ser um bem ecossistêmico ou não, desde que desempenhe função equivalente, ou pode ser o mesmo BEI, porém importado de outra região.

$Q_p$  será a quantidade do BEI, quando esse for de uso final, ou então o produto final da atividade econômica, no caso de o BEI ser apenas um insumo do processo produtivo.

## VALORAÇÃO

Valor da dependência =  $DBEI \times Pmg \times \$VM$

Em que:  $Pmg$  = produtividade marginal = unidades do produto final / unidade do BEI ou bem substituto.

$\$VM$  = estimativa de valor monetário unitário do BEI calculado de acordo com um dos métodos sugeridos na Tabela 2.

Se BEI é produto final e não um insumo, ou o substituto é o mesmo BEI, mas importado,  $Pmg = 1$ .

## Impacto interno

O impacto interno, neste caso, diz respeito às consequências econômicas de variação em quantidade e/ou qualidade do BEI.

## QUANTIFICAÇÃO

Indicador físico:  $IBEI = (CQ \times Q_{disp}) - Q_{dem}$

Em que:  $IBEI$  = Impacto interno relacionado ao BEI;

$Q_{disp}$  = Quantidade disponível do BEI na qualidade disponível;

$Q_{dem}$  = Quantidade total demandada do BEI, na qualidade adequada;

$CQ$  = coeficiente de qualidade = produtividade na qualidade disponível do BEI / produtividade na qualidade demandada do BEI

Quando  $Q_{disp}$  é maior que  $Q_{dem}$ , é preciso refletir se tal excedente representa de fato um benefício econômico apropriável pela empresa. Por exemplo, nem sempre um excedente de matéria-prima pode ser processado, ou um excedente de bem de uso final pode ser vendido, como no caso de falta de demanda ou de logística para a comercialização. Se o eventual excedente não for apropriável pela empresa, o  $IBEI$  deve ser corrigido para zero (0).

## VALORAÇÃO

Valor do impacto interno =  $IBEI \times Pmg \times \$VM$

Em que:  $Pmg$  = produtividade marginal = unidades do produto final / unidade do BEI ou substituto.

$\$VM$  = estimativa de valor monetário unitário do BEI;

Se BEI é produto final e não um insumo, ou o substituto é o mesmo BEI, mas importado,  $Pmg = 1$ .

Uma eventual variação da qualidade em relação ao padrão desejado pode refletir não apenas na produtividade avaliada em  $CQ$ , mas também no preço do produto final ou no custo do insumo que BEI representa. Quando esse for o caso,  $\$VM$  deve ser ajustado de acordo.

## Externalidade

A externalidade, neste caso, diz respeito aos efeitos na sociedade de uma variação na quantidade e/ou qualidade do BEI causada pela empresa, e só é reconhecida em caso de escassez do BEI em qualidade adequada. Isso se baseia na premissa de que em caso de excedente em relação à quantidade demandada total da empresa, não há ganho econômico em aumentar a disponibilidade desse BEI.

Outra premissa do método, e que está associada à premissa anterior, é que a externalidade decorre da competição entre a empresa e outro segmento social pelo BEI, sendo que tal competição só ocorre se o BEI estiver em escassez.

## QUANTIFICAÇÃO

Indicador físico:

1) Condição em que a disponibilidade do BEI > demanda por BEI:

$$\text{Se } CQ \times Q_{disp} \geq Q_{emp} + Q_{soc} \quad EBEI = 0$$

2) Condição em que a disponibilidade do BEI < demanda por BEI:

$$\text{Se } CQ \times Q_{disp} < Q_{emp} + Q_{soc}$$

2.1) Se a demanda da empresa > demanda do segmento social

$$\text{Se: } Q_{emp} > Q_{soc} \quad EBEI = -Q_{soc}$$

Condição 2.2. Demanda da empresa < Demanda do segmento social

$$\text{Se: } Q_{\text{emp}} < Q_{\text{soc}}, \text{ EBEI} = - Q_{\text{emp}}$$

Em que: EBEI = Externalidade associada ao BEI;

$Q_{\text{soc}}$  = Quantidade demandada do BEI pelo segmento social;

$Q_{\text{disp}}$  = Quantidade disponível do BEI na qualidade disponível;

$Q_{\text{emp}}$  = Quantidade demandada do BEI pela empresa;

CQ = coeficiente de qualidade = produtividade na qualidade disponível do BEI / produtividade na qualidade do BEI que atende ao segmento social

## VALORAÇÃO

$$\text{Valor da externalidade} = \text{EBEI} \times \text{Pmg} \times \$\text{VM}$$

Em que: \$VM = estimativa de valor monetário unitário do BEI;

Pmg = produtividade marginal = unidades do produto final / unidade do BEI ou substituto.

Se BEI é produto final e não um insumo, ou o substituto é o mesmo BEI, mas importado, Pmg = 1.

Uma eventual variação da qualidade em relação ao padrão desejado pode refletir não apenas na produtividade avaliada em CQ, mas também no preço do produto final ou no custo do insumo que o bem provido pelo serviço ecossistêmico representa. Quando esse for o caso, \$VM deve ser ajustado de acordo.

### Quadro 7 - Exemplo de provisão de bens ecossistêmicos

#### EXEMPLO 1: BEI DE USO FINAL – PROVISÃO DE ALIMENTOS

Neste exemplo hipotético, considere uma empresa que produz e comercializa café em grãos.

#### DEPENDÊNCIA

O serviço ecossistêmico do qual a empresa mais depende é o de provisão de grãos de café. Atualmente, a empresa produz e processa 5.000 sacas de 60 kg de café por mês, já descontadas as perdas normais da produção (grãos defeituosos, etc.).

#### Quantificação

Indicador físico: DBEI =  $Q_{\text{pf}} = 12 \times 5.000 = 60.000$  sacas/ano

#### Valor da dependência

O café é uma commodity cujo mercado é relativamente bem desenvolvido e pouco distorcido. Assim sendo, os preços praticados nesse mercado podem ser considerados uma aproximação razoável do valor econô-

mico do café. Por esse motivo, optou-se pelo MPM. O preço do café na região da fábrica é de R\$450,00/saca de 60 kg, e os custos de produção da empresa, que incluem, entre outras coisas, colher, secar, embalar e distribuir, foram estimados em R\$300,00/saca de 60 kg.

$$\text{DBEI} \times \text{Pmg} \times \$\text{VM} = 60.000 \times 1 \times (450,00 - 300,00) = \text{R}\$9.000.000,00/\text{ano}$$

#### IMPACTO INTERNO

Em função de uma seca, houve uma quebra de 30% na safra. A seca também afetou a qualidade dos grãos que foram colhidos, levando ao descarte de 20% da colheita, resultando em 80% da produtividade original.

#### Quantificação

Indicador físico:

$$\text{IBEI} = (\text{CQ} \times Q_{\text{disp}}) - Q_{\text{dem}} = (0,8/1 \times (0,7 \times 60.000)) - 60.000 = - 26.400 \text{ sacas}$$

**Valor do impacto interno**

O impacto também foi valorado pelo método de preço de mercado MPM, considerando o preço local das sacas de café, mas poderia ser valorado pelo custo de reposição dessas sacas, caso o preço de mercado fosse considerado inadequado.

$$\begin{aligned} \text{IBEI} \times \text{Pmg} \times \$\text{VM} &= -26.400 \times 1 \times (450,00 - 300,00) \\ &= - \text{R}\$3.960.000,00 \end{aligned}$$

Enfim, a seca causou um impacto negativo (prejuízo) de R\$3.960.000,00 à empresa.

**EXEMPLO 2: BEI COMO INSUMO – PROVISÃO DE MATÉRIA-PRIMA (CORANTE VEGETAL)**

Neste exemplo hipotético, considere uma empresa que utiliza um corante natural extraído de frutos de uma espécie de arbusto típico da região Amazônica como insumo para a produção de uma bebida refrigerante. A empresa adquire os frutos de comunidades tradicionais que os extraem da reserva de desenvolvimento sustentável onde habitam. A extração dos frutos, por sua vez, segue as regras de um plano de manejo sustentável, evitando a extinção local da população do arbusto.

**DEPENDÊNCIA**

O serviço ecossistêmico do qual a empresa depende é o de provisão de matérias-primas, isto é, os frutos de onde é extraído o corante. Atualmente, a empresa precisa de 10 t de frutos para obter 10 litros de corante concentrado com os quais produz 10.000 litros de refrigerante por mês.

**Quantificação**

$$\begin{aligned} \text{Indicador físico: DBEI} &= \text{Qpf} = 12 \times 10.000 = \\ &120.000 \text{ l/ano} \end{aligned}$$

**Valor da dependência**

O método de valoração utilizado foi o método de função da produção (MFP), já que o corante é matéria-prima da produção da bebida. O refrigerante é vendido a R\$10,00/L. Seu custo de produção é de R\$6,00/L.

$$\begin{aligned} \text{DBEI} \times \text{Pmg} \times \$\text{VM} &= 120.000 \times 1 \times (10,00 - 6,00) = \\ &\text{R}\$480.000,00/\text{ano} \end{aligned}$$

**IMPACTO INTERNO**

Recentemente, entretanto, a reserva de onde os frutos são extraídos sofreu um incêndio que atingiu uma das áreas povoadas pelo arbusto que produz os frutos do corante, causando uma redução de 20% na extração de frutos.

**Quantificação**

$$\begin{aligned} \text{Indicador físico: IBEI} &= (\text{CQ} \times \text{Q}_{\text{disp}}) - \text{Q}_{\text{dem}} = \\ &(1/1 \times (0,8 \times 10\text{t} \times 12)) - (12 \times 10) = - 24 \text{ t} \end{aligned}$$

**Valor do impacto interno**

O impacto também foi valorado pelo método de função da produção (MFP). Como mencionado anteriormente, 10.000 l de refrigerante, demandam 10 t de frutos; ou seja, 1.000 l/t.

$$\begin{aligned} \text{IBEI} \times \text{Pmg} \times \$\text{VM} &= -24 \times 10.000/10 \times (10,00 - 6,00) \\ &= - \text{R}\$96.000,00 \end{aligned}$$

Enfim, a queimada causou um impacto negativo (prejuízo) de R\$96.000,00 à empresa.

**EXTERNALIDADE**

Além da empresa, as próprias comunidades locais utilizavam o corante obtido do fruto do arbusto para tingir seus artigos de artesanato. Com o incêndio, a oferta disponível de frutos passou a ser menor do que a demanda conjunta da empresa e das comunidades, gerando um potencial conflito na forma de competição por esse recurso. Nesse contexto de escassez, os

frutos consumidos pela empresa podem resultar em renda perdida para as comunidades locais.

### Quantificação

A demanda da empresa segue sendo 120 t de frutos/ano, enquanto a demanda das comunidades locais é de 10 t de frutos/ano. Entretanto, com o incêndio, a capacidade de extração de frutos caiu para 100 t/ano.

Indicador físico:

Como as condições 2 e 2.1 foram satisfeitas, EBEI  
 $= -Q_{soc} = -10 \text{ t}$

### Valor da externalidade

A empresa obteve junto às comunidades locais a informação de que o corante é usado por elas na produção de cinco diferentes tipos de peças de artesanato, de preço médio de R\$20,00 a unidade, com um custo de manufatura total de R\$2,00 por unidade, e produção mensal da ordem de 100 unidades.

Em relação a seus próprios custos de produção de R\$6,00/l de refrigerante, a empresa sabia que R\$1,50 correspondia à aquisição de frutos, o que equivale a R\$1.500,00/t de frutos, e R\$1,75/l correspondiam ao

custo final concentrado de corante obtido do processamento desses frutos.

A empresa ainda avaliou que importar o equivalente à demanda da comunidade custaria R\$250,00/t a mais do que os R\$1.500,00/t que vinha pagando atualmente.

Por fim, a empresa valorou a externalidade negativa tanto pelo método da função de produção (MFP) quanto pelo método de custo de reposição (MCR) considerando a importação de frutos:

$$\text{MFP: EBEI} \times \text{Pmg} \times \text{\$VM} = -10 \times (12 \times 100/10) \times (20,00 - 2,00) = -\text{R}\$21.600,00$$

$$\text{MCR: EBEI} \times \text{Pmg} \times \text{\$VM} = -10 \times 1 \times (1.500 + 250) = -\text{R}\$17.500,00$$

Por fim, o MFP mostrou o prejuízo econômico a ser absorvido pelas comunidades locais caso a empresa consuma as 10 toneladas de frutos que essas comunidades necessitam para sua produção artesanal. Já o MCR mostrou qual seria o custo a ser absorvido pela empresa caso ela optasse por evitar essa externalidade, deixando de utilizar essas 10 toneladas de frutos produzidos localmente e importando sua demanda de outras regiões.

## Regulação da qualidade da água

Diz respeito à contribuição dos ecossistemas para a qualidade da água utilizada pela empresa. Exemplos: prevenção da erosão, controlando a quantidade de sólidos em suspensão nas águas superficiais, regulação da temperatura da água, decomposição de esgotos domésticos e fertilizantes agrícolas e o controle biológico de microrganismos patogênicos. A qualidade da água é considerada em suas três dimensões fundamentais:

- **Física:** sólidos em suspensão, temperatura, entre outros;
- **Química:** presença e concentração de substâncias provenientes de efluentes de processos industriais, defensivos e fertilizantes agrícolas, esgotos domésticos, entre outros; e

- **Biológica:** presença de microrganismos, em especial patogênicos.

São aqui abordados dependência, impacto interno e externalidade. Diagramas ilustrativos dos conceitos de dependência e impacto aqui adotados são apresentados no Apêndice 1. O conceito de externalidade é dedutível a partir do conceito de impacto.

## Dependência

Refere-se à qualidade da água necessária às atividades da empresa. A diferença entre a qualidade da água em de-

corrência da redução quase total ou ausência de serviços ecossistêmicos – qualidade mínima – e a qualidade da água que a empresa necessita para manter suas atividades (até o limite de qualidade que o ecossistema pode prover) – qualidade ideal – representarão a dependência que a empresa tem desse serviço ecossistêmico.

## QUANTIFICAÇÃO

A quantificação de  $DQIa$  deve ser feita individualmente para cada um dos parâmetros físicos, químicos e biológicos que forem importantes para a empresa.

$$\text{Indicador físico: } DQIa = QIa_{\min} - QIa_{\text{ideal}}$$

Em que:  $DQIa$  = Dependência em relação à Regulação da Qualidade da Água;

$QIa_{\min}$  = Qualidade mínima da água em seu ponto de captação, na unidade de medida do parâmetro que está sendo avaliado, sob níveis mínimos de regulação ecossistêmica, ou seja, no contexto de ecossistemas altamente degradados; e

$QIa_{\text{ideal}}$  = Qualidade ideal da água para as operações da empresa, na unidade de medida do parâmetro que está sendo avaliado, no ponto de captação.

Para parâmetros com relação diretamente proporcional à qualidade da água (quanto maior seu valor, melhor a qualidade da água), suas estimativas devem ser multiplicadas por -1.

Na falta de informações mais precisas, pode-se adotar para a  $QIa_{\min}$  o pior nível já registrado no corpo d'água para o parâmetro de interesse, embora essa referência possa não representar de fato o pior nível de qualidade da água na região estudada. Uma alternativa para estimar a  $QIa_{\min}$  é a simulação em modelos hidrológicos da ausência ou de baixos níveis deste serviço ecossistêmico, como áreas com solo exposto, por exemplo. O modelo InVEST<sup>44</sup> é uma boa alternativa para obter estimativas de  $QIa_{\min}$  para diversos parâmetros de qualidade da água. O ideal é ter dados específicos para a bacia hidrográfica de interesse, mas, na ausência desses, podem ser adotadas estimativas com

base em estudos feitos em outras bacias hidrográficas de características semelhantes. Para o parâmetro sólidos em suspensão, a  $QIa_{\min}$  pode ser estimada a partir das diretrizes para regulação de erosão de solo.

A  $QIa_{\text{ideal}}$  será dada pelos parâmetros de qualidade da água necessária para as operações da empresa e especificados por ela. Se a empresa não tiver parâmetros próprios, deve adotar como referência os padrões e alguma das classes definidas na legislação brasileira, em especial a Resolução CONAMA 357/2005<sup>45</sup>. Os padrões previstos na classe especial da CONAMA 357/2005 constituirão os níveis máximos de  $QIa_{\text{ideal}}$ , já que há um limite para a qualidade da água que pode ser provida por ecossistemas naturais. Qualidades de água superiores terão de ser obtidas por meio de processos tecnológicos específicos que, por não se tratarem de serviços ecossistêmicos, não devem ser considerados nesta análise.

## VALORAÇÃO

O método de valoração adotado é o do custo de reposição (MCR) (Anexo 1), que, neste caso, estima os gastos necessários para recuperar a qualidade da água perdida na hipótese de ausência do serviço ecossistêmico de regulação da qualidade da água.

$$\text{Valor da dependência} = Qa_{\text{cap}} \times \$T_{\alpha} + I_{\text{eta}}$$

Em que:  $Qa_{\text{cap}}$  = Quantidade de água captada, em m<sup>3</sup>;  
 $\$T_{\alpha}$  = Custo do tratamento da água do nível de qualidade  $QIa_{\min}$  para o nível de qualidade  $QIa_{\text{ideal}}$ , em R\$/m<sup>3</sup>; e  
 $I_{\text{eta}}$  = Investimento necessário em estação de tratamento da água, em R\$.

A variável  $Qa_{\text{cap}}$  deve ser obtida das medições feitas pela área operacional da empresa. Já  $\$T_{\alpha}$  e  $I_{\text{eta}}$  podem ser obtidas junto à área operacional da empresa ou orçadas no mercado de prestação de serviços de tratamento de água. Os investimentos na Estação de Tratamento de Água (ETA) podem ser amortizados de acordo com critérios contábeis tradicionais.

44 InVEST: [www.naturalcapitalproject.org/InVEST.html](http://www.naturalcapitalproject.org/InVEST.html)

45 Resolução CONAMA 357/2005: [www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459](http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459)

Esse método é válido inclusive quando a empresa compra a água já tratada, pois o tratamento da água do nível de qualidade  $Qla_{min}$  para o nível de qualidade  $Qla_{ideal}$  é necessário independentemente de ser feito pela própria empresa ou por outra empresa. Os custos podem variar em função da adoção de diferentes tecnologias e escalas de operação, mas a lógica do método é válida para ambas as situações. Caso a água seja comprada, basta substituir o componente  $\$T_a + I_{eta}$  pelo preço pago na água.

## Impacto interno

Refere-se às consequências da perda de qualidade da água captada pela empresa à produção. Para tanto, avalia-se a diferença entre a qualidade ideal da água para a empresa que poderia ser obtida na captação (qualidade resultante da conservação de serviços ecossistêmicos) e a qualidade efetivamente obtida (real) na água captada.

### QUANTIFICAÇÃO

$$\text{Indicador físico: } IQla = Qla_{cap} - Qla_{ideal}$$

Em que:  $IQla$  = Impacto da ausência ou limitação de serviços ecossistêmicos na regulação da qualidade da água captada pela empresa;

$Qla_{cap}$  = Qualidade de água captada pela empresa;

$Qla_{ideal}$  = Qualidade ideal da água necessária para as operações da empresa, em seu ponto de captação.

Caso  $IQla$  indique impacto positivo, esse deve ser considerado já que a empresa não tem como se beneficiar de uma água com qualidade superior à que necessita.

A  $Qla_{cap}$  deve ser determinada por análise laboratorial. Todos os parâmetros de qualidade da água relevantes para as atividades da empresa devem ser avaliados.

Para empresas que compram sua água já tratada, mas mesmo assim queiram estimar o  $IQla$ , pode-se adotar o corpo de água mais próximo e passível de ter outorga emitida como referência para determinação de  $Qla_{cap}$ . A  $Qla_{ideal}$  já foi discutida no contexto de dependência.

## VALORAÇÃO

O método de valoração adotado é o do custo de reposição (MCR) (Anexo 1), que, neste caso, estima os gastos necessários para compensar a perda de qualidade da água decorrente da redução da regulação ecossistêmica da qualidade da água.

$$\text{Valor do impacto interno} = Qa_{cap} \times \$T_a + I_{eta}$$

Em que:  $Qa_{cap}$  = Quantidade de água captada, em  $m^3$ ;  
 $\$T_a$  = Custo do tratamento da água do nível de qualidade  $Qa_{cap}$  para o nível de qualidade  $Qla_{ideal}$ , em  $R\$/m^3$ ; e  
 $I_{eta}$  = Investimento efetivo feito na estação de tratamento da água, em  $R\$$ .

As variáveis  $\$T_a$  e  $I_{eta}$  já foram discutidas no contexto de valoração de dependência.

Quando a empresa opta por comprar água tratada em vez de tratar a água captada, o valor do impacto será equivalente aos gastos com a compra da água, pois a compra dessa água resolve o problema de qualidade da água que impactava ou poderia impactar as atividades da empresa.

## Externalidades

Refere-se às consequências da alteração da qualidade da água gerada por poluição difusa oriunda das atividades da empresa para outros usuários da mesma fonte de água, desde que extrapole a capacidade dos ecossistemas locais de assimilá-los naturalmente. Os principais casos que podem ser tratados com este método são erosão de solo e deriva de agroquímicos.

Não devem ser consideradas fontes de poluição pontual (lançamento de efluentes líquidos) nesta análise, já que são contempladas no capítulo de regulação da assimilação de efluentes líquidos.

### QUANTIFICAÇÃO

$$\text{Indicador físico: } EQla = Qla_m - Qla_j$$

Em que:  $EQla$  = Externalidade, ou impacto das atividades da empresa na qualidade da água utilizada por ou-

tros usuários que não a própria empresa;

$Qla_m$  = Qualidade da água a montante das atividades da empresa; e

$Qla_j$  = Qualidade da água a jusante das atividades da empresa.

$Qla_m$  e  $Qla_j$  devem ser determinadas por análise laboratorial, seja ela feita nas próprias dependências da empresa por equipe interna especializada ou contratada de laboratórios especializados.

Todos os parâmetros de qualidade da água relevantes para os diferentes usos de solo a jusante das atividades da empresa devem ser avaliados. Na falta de informações sobre quais são esses parâmetros, devem ser analisados todos os parâmetros listados pelas normas oficiais de qualidade da água vigentes na região, ou pela CONAMA 357/2005.

## VALORAÇÃO

O método de valoração sugerido é o de custos evitados (MCE) (Anexo 3), que, neste caso, estima os gastos necessários para prevenir a perda de qualidade da água em função de fontes de poluição difusa sob responsabilidade da empresa.

Essa abordagem, portanto, não valora os custos da externalidade para terceiros, e é mais estratégica para empresas que buscam investir em prevenção. No tópico de considerações importantes, abaixo, são indicados procedimentos metodológicos para a estimação de custos reais e potenciais dessas externalidades.

$$\text{Valor da externalidade} = \$GP_{pd}$$

Em que:  $\$GP_{pd}$  = Gastos com ações necessárias para controlar ou eliminar as fontes de poluição difusa oriundas das atividades da empresa.

As ações necessárias para a contenção de fontes de poluição difusa são diversas e dependem da natureza dessas fontes. Todas essas ações, entretanto, podem ser orçadas junto a empresas de consultoria ambiental, conservação e remediação de solos e áreas afins.

Exemplos de ações de contenção de fontes de poluição difusa compreendem: revegetação de áreas de alto risco de erosão do solo, plantio direto em substituição à técnica de aragem do solo para agricultura, substituição de compos-

tos nitrogenados fertilizantes por adubação verde, investimentos em controle biológico para redução do uso de defensivos agrícolas, canalização e tratamento de esgotos, entre outros.

## Considerações finais

A partir das características da perda da qualidade da água, é possível inferir os tipos de poluição difusa que estão afetando o corpo d'água, o que ajudará na definição de ações necessárias para reduzir ou eliminar as externalidades.

O impacto que a restauração de mata ciliar terá na qualidade da água pode ser dimensionado com base na erosão evitada que ela proporciona. O valor econômico ( $\$GP_{pd}$ ) associado a essa melhoria da qualidade da água pode ser estimado por meio dos custos de restauração da mata ciliar ou de remoção dos sólidos em suspensão equivalentes à erosão evitada, ou mesmo avaliar quais seriam os danos socioeconômicos evitados decorrentes da erosão evitada, quando possível.

No caso de  $Qla_j$ , deve-se tomar cuidado para não considerar impactos de efluentes nas medições. Isso pode ser feito ao coletar as amostras de água imediatamente antes do lançamento de efluentes, quando o ponto de lançamento estiver localizado realmente a jusante das atividades da empresa, ou descontando a carga poluente dos efluentes da carga poluente encontrada na amostra para determinação de  $Qla_j$ , que pode ser feita se houver um controle efetivo da carga poluente dos efluentes lançados.

A valoração dos custos reais ou potenciais dessas externalidades muitas vezes é demorada e mais cara do que a abordagem de prevenção. Isso ocorre em função da dificuldade em obter dados que representem de forma realista os danos. Para estimar os custos reais ou potenciais dessas externalidades, é necessário primeiro identificar quais atores sofreriam com a perda de qualidade da água e de que forma cada um deles seria afetado. A partir dessas informações, é possível usar o MCR (Anexo 1), no sentido de repor os danos sofridos por cada usuário de água prejudicado, ou pelo MFP (Anexo 2), valorando, assim, a perda de produtividade na atividade econômica dependente de água que tais usuários desenvolviam. Quando possível, deve ser dada preferência ao método MFP, que utiliza dados específicos do serviço impactado; este método é menos sujeito a distorções quando

comparado ao MCR, que é dependente dos mercados de bens ou serviços substitutos.

Os investimentos na ETA podem ser amortizados de acordo com critérios contábeis tradicionais.

#### Quadro 8 - Exemplo de regulação da qualidade da água

Uma empresa de alimentos utiliza 10.000 m<sup>3</sup>/ano de água tanto em seu processo produtivo como para a limpeza de suas instalações. A água utilizada no processo produtivo não é incorporada ao produto, mas para que não prejudique a qualidade dos produtos precisa ter um nível de sólidos em suspensão máximo de 40 UNT (Unidades Nefelométricas de Turbidez), equivalente à classe 1 de água doce segundo a Resolução CONAMA 357/2005.

#### DEPENDÊNCIA

Um modelo hidrológico da bacia na qual a empresa possui sua captação indica que, considerando-se as características locais de solo e relevo, a ausência de vegetação nativa nas áreas ciliares e de proteção de encostas implicaria um aumento da turbidez para aproximadamente 350 UNT no ponto de captação da empresa.

#### Quantificação

$$DQIa = QIa_{\min} - QIa_{\text{ideal}} = 350 - 40 = 310 \text{ UNT}$$

O custo aproximado para o tratamento de turbidez da água é de R\$ 0,1233/m<sup>3</sup>. A infraestrutura da ETA foi estimada em R\$ 300.000,00 e o custo de mão de obra para sua operação foi estimado em R\$ 120.000,00/ano.

#### Valor da dependência

$$\text{Ano 1} = Qa_{\text{cap}} \times \$T_a + I_{\text{eta}} = 10.000 \times 0,1233 + (300.000 + 120.000) = \text{R\$ } 421.233,00$$

A empresa optaria por amortizar todos os custos de instalação da ETA no 1º ano, já que esses custos seriam incorporados integralmente nos demonstrativos financeiros desse mesmo ano.

$$\text{Demais anos} = Qa_{\text{cap}} \times \$T_a + I_{\text{eta}} = 10.000 \times 0,1233 + 120.000 = \text{R\$ } 121.233,00$$

Comparando os valores futuros previstos para os próximos 10 anos com sua atualização a uma taxa de 5% ao ano, a qual equivale à TJLP<sup>46</sup> no ano de 2014, obtém-se:

$$\text{Valor em 10 anos, sem desconto} = \text{R\$ } 1.212.330,00$$

$$\text{Valor em 10 anos, com desconto} = \text{R\$ } 936.129,09$$

Em suma, a atualização financeira por 10 anos depreciou o valor da regulação da qualidade da água em 23%. Essa mesma depreciação ocorre para impactos e externalidades, mantidas as mesmas taxa e período.

#### IMPACTO INTERNO

A bacia hidrográfica na qual a empresa capta água vem perdendo sua cobertura vegetal nativa nos últimos anos, e os níveis atuais de turbidez da água variam por volta de 120 UNT.

#### Quantificação

$$IQIa = QIa_{\text{cap}} - QIa_{\text{ideal}} = 120 - 40 = 80 \text{ UNT}$$

O custo aproximado para o tratamento de turbidez da água é de R\$ 0,1003/m<sup>3</sup> e a infraestrutura da ETA é a mesma estimada no caso da dependência.

#### Valor do impacto interno

$$\text{Ano 1} = Qa_{\text{cap}} \times \$T_a + I_{\text{eta}} = 10.000 \times 0,1003 + (300.000 + 120.000) = \text{R\$ } 421.003,00$$

$$\text{Demais anos} = Qa_{\text{cap}} \times \$T_a + I_{\text{eta}} = 10.000 \times 0,1003 + 120.000 = \text{R\$ } 121.003,00$$

#### EXTERNALIDADE

A empresa possui 50 ha de área que não é utilizada

46 TJLP = Taxa de Juros de Longo Prazo praticada pelo BNDES

em suas atividades produtivas, mas que foi anteriormente desmatada e encontra-se sob processos erosivos. A turbidez a jusante foi estimada em 180 UNT. A restauração dessas áreas, que reduziria os processos erosivos e contribuiria com a retenção de sedimentos provenientes da erosão, foi estimada em R\$ 20.000,00/ha, incluindo custos de manutenção por dois anos.

#### Quantificação

$$EQIa = QIa_m - QIa_j = 120 - 180 = - 60 \text{ UNT}$$

$$\text{Valor da externalidade} = \$GP_{pd} = 50 \times 20.000,00 = \text{R\$ } 1.000.000,00$$

Esse exemplo é fictício, criado para fins didáticos, e os valores utilizados foram estimados a partir de consultas a empresas de consultoria em saneamento ambiental e documentos técnicos disponíveis na internet.

Os custos para tratamento de turbidez foram extraídos de Constantino e Yamamura (2009) e atualizados pelo IPCA (projetado em 6,50% para 2013).

## Regulação da assimilação de efluentes líquidos

Diz respeito à capacidade dos ecossistemas em diluir, assimilar e decompor efluentes líquidos de forma que não alterem significativamente a qualidade da água a jusante do ponto onde forem lançados.

Este método é complementar ao utilizado no serviço ecossistêmico de qualidade da água. A diferença fundamental é que na regulação da assimilação de efluentes são tratados casos de poluição por lançamentos pontuais de efluentes, enquanto no método para regulação da qualidade da água é tratada a poluição de emissão difusa. Como a forma de quantificar poluição de origem difusa e poluição de origem pontual costuma ser diferente, optou-se por tratá-las em métodos distintos. A capacidade do ecossistema de assimilar efluentes líquidos que contaminem o solo não é tratada neste método.

A dependência da empresa em relação a esse serviço ecossistêmico é dada pela capacidade dos ecossistemas de mitigar ou mesmo neutralizar os danos que os efluentes lançados pela empresa possam causar. O valor dessa dependência, portanto, equivale ao valor da externalidade negativa causada pelo lançador, pois nessa situação outros atores sociais, localizados a jusante do ponto de lançamento de efluentes, sofrerão as consequências da degradação ambiental causada pelos efluentes da empresa.

A empresa não é diretamente afetada por esses efluentes; portanto, não há impactos internos a avaliar. Se a empresa for afetada por seus próprios efluentes, esse impacto será

captado pelas diretrizes para o serviço ecossistêmico de regulação da qualidade da água.

As diretrizes para quantificação e valoração desse serviço ecossistêmico foram, então, direcionadas a externalidades negativas. O foco em externalidade, em detrimento da noção de dependência, visa aproximar a análise de ações de gestão voltadas à prevenção de danos a atores sociais situados a jusante do ponto de lançamento de efluentes pela empresa.

## Externalidade

Refere-se à degradação da qualidade de corpos d'água a jusante do ponto de lançamento de efluentes pela empresa em função de sua carga poluidora, afetando, assim, a qualidade da água disponível para outros atores sociais.

### QUANTIFICAÇÃO

$$\text{Indicador físico: } Ee = Pc_{max} - Pc$$

Em que:  $Ee$  = Externalidade do efluente relativa ao parâmetro analisado;

$Pc_{max}$  = Concentração máxima do parâmetro no corpo d'água por  $m^3$  de água, que garanta que não haverá alteração significativa da qualidade da água; e

$P_c$  = Concentração do parâmetro por  $m^3$  de efluente bruto (não tratado), na mesma unidade utilizada em  $P_{c_{max}}$ .

A quantificação de  $E_e$  deve ser feita para cada um dos parâmetros (poluentes) identificados nos efluentes lançados pela empresa.

A  $P_c$  deve ser determinada por análise laboratorial, seja ela feita nas próprias dependências da empresa, por equipe especializada, ou então contratada de laboratórios especializados.

A  $P_{c_{max}}$  pode ser obtida de normas e padrões de qualidade da água que tenham jurisdição na área onde se encontra o corpo d'água de interesse, sendo que padrões definidos pela legislação devem ser considerados como os limites menos restritivos a serem aceitos para essa análise como referência.

## VALORAÇÃO

O método de valoração adotado é o de custos evitados (MCE) (Anexo 3), que, neste caso, estima os gastos que seriam necessários para prevenir a perda de qualidade da água no ponto de lançamento de efluentes.

Essa abordagem, portanto, não valora os custos reais ou potenciais da externalidade negativa. A abordagem adotada para essas diretrizes é relevante em um contexto de prevenção. No tópico de considerações finais, logo abaixo, são indicados procedimentos metodológicos para a estimação de custos reais e potenciais dessas externalidades.

$$\text{Valor da externalidade} = Qe_{lan} \times \$T_e + I_{ete}$$

Em que:  $Qe_{lan}$  = Quantidade de efluentes lançados, em  $m^3$ ;

$\$T_e$  = Custo do tratamento de efluente do nível de qualidade  $P_c$  para o nível de qualidade  $P_{c_{max}}$ , em  $R\$/m^3$ ; e

$I_{ete}$  = Investimento necessário para instalar e operar uma estação de tratamento de efluentes capaz de atingir os padrões de qualidade previstos em  $P_{c_{max}}$ , em  $R\$$ .

As variáveis  $\$T_e$  e  $I_{ete}$  podem ser obtidas junto à área operacional da empresa ou orçadas no mercado de prestação de serviços de tratamento de efluentes. Já  $Qe_{lan}$  deve ser obtida das medições feitas pela área operacional da empresa.

## Considerações finais

Se  $P_c < P_{c_{max}}$ , não é necessário tratar o efluente,  $\$T_e$  e  $I_{ete}$  serão = 0 e, portanto,  $Qe_{lan} = 0$ , o que significa que não há externalidade.

A valoração dos custos reais ou potenciais dessas externalidades costuma ter custos mais elevados e prazo de aplicação mais longo do que a abordagem de prevenção. Isso ocorre em função da dificuldade em obter dados que representem de forma realista os danos. Para estimar os custos reais ou potenciais dessas externalidades, é necessário primeiro identificar quais atores sofreriam com a perda de qualidade da água e de que forma cada um deles seria afetado.

De posse dessas informações, pode-se proceder à valoração econômica pelo MCR (Anexo 1), no sentido de repor os danos sofridos por cada usuário de água prejudicado, ou pelo método de função de produção (MFP) (Anexo 2), valorando, assim, a perda de produtividade na atividade econômica dependente de água dos usuários impactados. Quando possível, deve ser dada preferência ao método MFP, que utiliza dados específicos do SE impactado, por ser menos sujeito a distorções quando comparado ao MCR, que depende dos mercados de SE substitutos.

No que se refere aos investimentos em capitais físico e tecnológico relacionados à ETE, esses podem ser amortizados de acordo com critérios contábeis tradicionais.

**Quadro 9 - Exemplo de regulação da assimilação de efluentes líquidos**

Uma indústria produz 240.000 t de papel por ano. O consumo de água pelo processo industrial é intenso, gerando aproximadamente 100 m<sup>3</sup> de efluentes líquidos por tonelada de papel produzido. Esses efluentes, caracterizados pela presença de cloro na concentração média de 0,74 mg/l Cl, são descartados em um rio próximo, cujas águas atendem ao padrão 0,01 mg/l Cl da classe I da resolução CONAMA 357/2005.

**EXTERNALIDADE**

Para prevenir impactos ambientais e socioeconômicos a jusante de suas instalações, a empresa se comprometeu a tratar seus efluentes até o limite em que se tornem assimiláveis pelo ecossistema do rio, garantindo, assim, que seja mantida a qualidade da água que atende aos demais usuários a jusante do rio.

**Quantificação**

$$Ee = Pc_{max} - Pc = 0,01 - 0,74 = - 0,73 \text{ mg/l Cl}$$

O custo aproximado para o tratamento do efluente é de R\$ 0,20/m<sup>3</sup>; a infraestrutura da ETE foi estimada em R\$ 500.000,00, e o custo de mão de obra para sua operação foi estimado em R\$ 240.000,00/ano.

**Valor da externalidade**

$$\text{Ano 1} = Qe_{lan} \times \$T_e + I_{ete} = (240.000 \times 100) \times 0,20 + 740.000 = \text{R\$ } 5.540.000,00$$

$$\text{Demais anos} = Qe_{lan} \times \$T_e + I_{ete} = (240.000 \times 100) \times 0,20 + 240.000 = \text{R\$ } 5.040.000,00$$

Comparando os valores futuros previstos para os próximos 10 anos com sua atualização a uma taxa de 5% ao ano, a qual equivale à TJLP<sup>47</sup> no ano de 2014, obtém-se:

$$\text{Valor em 10 anos, sem desconto} = \text{R\$ } 50.400.000,00$$

$$\text{Valor em 10 anos, com desconto} = \text{R\$ } 38.917.544,04$$

Em suma, a atualização financeira por 10 anos depreciou o valor da regulação da assimilação de efluentes líquidos em 23%.

Esse exemplo é fictício, criado para fins didáticos, e os valores utilizados foram estimados a partir de consultas a empresas de consultoria em saneamento ambiental e documentos técnicos disponíveis na internet.

47 TJLP = Taxa de Juros de Longo Prazo praticada pelo BNDES

**Regulação do clima global**

A mudança climática está diretamente relacionada ao aumento da concentração de gases de efeito estufa (GEE), em especial CO<sub>2</sub>, e os ecossistemas têm papel importante na regulação da concentração desse gás.

O serviço ecossistêmico de regulação do clima está relacionado à: i) capacidade dos ecossistemas de remover dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) atmosférico e fixá-lo na forma de biomassa (remoções) e emitir GEE na perda de biomassa; por exemplo: a queima e a decomposição de biomassa (emissões biogênicas); e, ii) manutenção do carbono fixado em biomassa (estoque), evitando novas emissões de GEE.

Portanto, são sugeridas diretrizes por duas vias: “emissões líquidas”, relacionadas ao fluxo de GEE da biomassa para atmosfera; e “desmatamento evitado”, relacionado ao estoque de carbono na biomassa.

Não foram definidas diretrizes metodológicas para dependência ou impacto interno para regulação do clima global em função da diversidade de condições ambientais, sociais e econômicas nas quais as empresas atuam e da complexidade e dificuldade de acessar modelos capazes de estimar localmente e de forma robusta os potenciais impactos locais

das mudanças do clima<sup>48</sup>. Assim, as externalidades são foco de quantificação e valoração para esse serviço ecossistêmico.

## Externalidades

**Emissões líquidas.** As externalidades são aqui caracterizadas quando as atividades da empresa provocam, direta ou indiretamente: a) **emissões de GEE** pela perda de biomassa com decomposição ou queima em menos de 30 anos<sup>49</sup>; e/ou b) **remoção de carbono** da atmosfera por formação de biomassa permanente. Por biomassa permanente, entende-se a biomassa fixada não sujeita a remoção e decomposição por ações antrópicas – incluindo tanto biomassa fixada a partir da recuperação de ecossistemas naturais que serão conservados, como biomassa fixada por florestas de produção cujo destino da madeira seja a fabricação de bens duráveis com longevidade mínima de 30 anos.

As atividades da empresa que implicam em perda de biomassa, bem como outras fontes de emissões de GEE, correspondem a externalidades negativas, enquanto a formação de biomassa permanente corresponde a externalidade positiva.

### QUANTIFICAÇÃO

Indicador físico:  $B_{CO_2e} = R_{CO_2} - E_{CO_2}$

Sendo:  $R_{CO_2} = C_{Vrec} \times A_{rec}$   
 $E_{CO_2} = C_{Vrem} \times A_{rem}$

Em que:  $B_{CO_2e}$  = Balanço de remoções e emissões de GEE, em tCO<sub>2</sub>e;

$R_{CO_2}$  = Remoções permanentes de CO<sub>2</sub>, em tCO<sub>2</sub>e;

$E_{CO_2}$  = Emissões relacionadas à perda de biomassa, em tCO<sub>2</sub>e;

$C_{Vrec}$  = Estoque de carbono contido na biomassa da vegetação recuperada, podendo incluir o carbono acima e abaixo do solo, em tCO<sub>2</sub>e/ha;

$C_{Vrem}$  = Estoque de carbono contido na biomassa da vegetação removida, podendo incluir o carbono acima e abaixo do solo, em tCO<sub>2</sub>e/ha;

$A_{rec}$  = Área onde ocorreu recuperação de vegetação, em ha; e

$A_{rem}$  = Área onde ocorreu remoção de vegetação, em ha.

A  $R_{CO_2}$  pode ocorrer de duas formas principais: recuperação de ecossistemas naturais ou produção por florestas comerciais. Em ambos os casos, a biomassa permanente está associada principalmente a espécies lenhosas de ciclo de vida longo, como árvores e alguns tipos de arbustos.

Para o cálculo de  $E_{CO_2}$ , deve ser considerado qualquer tipo de remoção de vegetação, descontada a biomassa removida e destinada à fabricação de bens duráveis<sup>50</sup>, assumindo que essa biomassa não se transformará em CO<sub>2</sub> nos próximos 30 anos.

Fatores para  $C_{Vrec}$  e  $C_{Vrem}$  por tipo de vegetação (fitofisionomia) e bioma podem ser obtidos no Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de GEE e estão disponíveis em versão atualizada na ferramenta de cálculo. Essa informação pode também ser obtida de inventários florestais das regiões consideradas no estudo.

É importante ficar atento à métrica dos fatores obtidos para  $C_{Vrec}$  e  $C_{Vrem}$ . Se os fatores estiverem em tC/ha, é necessário converter para tCO<sub>2</sub>e/ha, conforme consta na fórmula do indicador físico, multiplicando por 44/12. O inventário nacional também disponibiliza fatores para ajuste de tC/ha de acordo com o estágio sucessional da vegetação (floresta primária e floresta secundária), além de fatores de tC/ha para alguns tipos de manejos.

É possível fazer os cálculos também a partir de dados de biomassa seca por tipo de vegetação em t/ha. Basta converter a biomassa seca em tC/ha multiplicando-a pelo fator 1,917<sup>51</sup> e depois converter essa métrica para tCO<sub>2</sub>e/ha, multiplicando-a por 44/12.

48 O planejamento empresarial quanto a riscos e oportunidades advindos das mudanças climáticas pode ser explorado no Ciclo e a Ferramenta Empresarial de Adaptação às Mudanças Climáticas no link: <http://adaptacao.gvces.com.br/#nav-setor>

49 5/CMP.1: Modalities and procedures for afforestation and reforestation project activities under the clean development mechanism in the first commitment period of the Kyoto Protocol, Annex, page 86, paragraph 23.

50 Caso não esteja disponível o percentual da madeira derrubada que se transformou em bens duráveis, assumir que tais bens duráveis correspondem à biomassa seca, estimar seu peso, em toneladas, e multiplicá-lo por 1,917 x 44/12 para obter tCO<sub>2</sub>e. Descontar esse montante diretamente de  $E_{CO_2}$ .

51 Fator obtido da ferramenta de cálculo do Programa Brasileiro GHG Protocol, na forma de fator de emissão de lenha.

## VALORAÇÃO

O método de valoração adotado é o custo social do carbono (CSC) (Anexo 5), que representa os custos econômicos causados pela emissão de uma tonelada adicional de CO<sub>2</sub>e. No caso de remoções líquidas de GEE (CO<sub>2</sub>), a estimativa refletirá os custos que deixarão de ocorrer; tais custos refletem os impactos nocivos das mudanças climáticas sobre a sociedade.

$$\text{Valor da externalidade} = B_{\text{CO}_2\text{e}} \times \text{CSC}$$

Em que: CSC = Custo social do carbono, em R\$

A externalidade será positiva ou negativa, dependendo do resultado obtido na quantificação do balanço de carbono,  $B_{\text{CO}_2\text{e}}$ , que pode ser positivo (remoções líquidas) ou negativo (emissões líquidas).

O valor de CSC sugerido é, de acordo com Nordhaus (2017), US\$ 87,30 por tCO<sub>2</sub>e (Anexo 5), e pode ser convertido em reais pela cotação oficial e atual do dólar americano divulgada pelo governo brasileiro<sup>52</sup>.

**Desmatamento evitado.** Diz respeito às atividades da empresa que contribuem para a conservação ambiental ao manter fragmentos conservados de vegetação nativa, por exemplo suas Reservas Legais (RLs), Áreas de Preservação Permanente (APPs) ou áreas adicionais.

Estas diretrizes fornecem resultados relativos a **estoque de carbono** mantido na biomassa e/ou as **emissões de GEE por desmatamento evitadas**. Enquanto o estoque de carbono fornece o carbono de fato armazenado na biomassa, as emissões evitadas são hipotéticas e quantificam o que teria sido emitido para a atmosfera caso a taxa de desmatamento provável na região se concretizasse na área do projeto.

A estimativa de desmatamento evitado é obtida a partir da comparação com um cenário de referência, chamado de linha de base, que representa a estimativa de desmatamento na ausência das ações de conservação da empresa.

## QUANTIFICAÇÃO

$$\text{Indicador físico}^{53}: E_{\text{ev}} = (C_{\text{veg}} - C_{\text{pd}}) \times (T_{\text{lb}} - T_{\text{p}}) \times A$$

Em que:  $E_{\text{ev}}$  = Emissões evitadas líquidas, em tCO<sub>2</sub>e;

$C_{\text{veg}}$  = Estoque de carbono contido na biomassa da vegetação, podendo incluir o carbono acima e abaixo do solo, em tCO<sub>2</sub>e/ha;

$C_{\text{pd}}$  = Estoque de carbono contido na biomassa da vegetação remanescente após o desmatamento, podendo incluir o carbono acima e abaixo do solo, em tCO<sub>2</sub>e/ha;

$T_{\text{lb}}$  = Taxa de desmatamento na linha de base, em % a.a.;

$T_{\text{p}}$  = Taxa de desmatamento com o projeto, em % a.a.; e

$A$  = Área total, em ha.

Fatores para  $C_{\text{veg}}$  e  $C_{\text{pd}}$  podem ser obtidos no Inventário Nacional de Emissões e Remoções Antrópicas de GEE e estão disponíveis atualizados na ferramenta de cálculo da Devese. Essas informações podem ser obtidas também de inventários florestais das regiões consideradas no estudo.

É importante ficar atento à métrica dos fatores obtidos para  $C_{\text{veg}}$  e  $C_{\text{pd}}$ . Se os fatores estiverem em tC/ha, é necessário converter para tCO<sub>2</sub>e/ha, conforme consta na fórmula do indicador físico, multiplicando por 44/12. O inventário nacional também disponibiliza fatores para ajuste de tC/ha de acordo com o estágio sucessional da vegetação (de floresta primária para floresta secundária do mesmo tipo), além fatores de tC/ha para alguns tipos de manejos.

É possível fazer os cálculos também a partir de dados de biomassa seca por tipo de vegetação em t/ha. Basta converter a biomassa seca em tCO<sub>2</sub>/ha, multiplicando-a pelo fator 1,917<sup>54</sup>.

Caso a área com vegetação possua diferentes fitofisionomias, a quantificação deverá contemplar essas diferenças.

A taxa de desmatamento deve ser definida a partir da linha

53 O método de quantificação adotado é baseado no método VM0015: Methodology for Avoided Unplanned Deforestation V1.1. (Verified Carbon Standard – VCS, 2012).

54 Fator obtido da ferramenta de cálculo do Programa Brasileiro GHG Protocol, na forma de fator de emissão de lenha.

52 Taxas de câmbio, Banco Central do Brasil: [www.bcb.gov.br/?txcambio](http://www.bcb.gov.br/?txcambio)

base da região, ou seja, a partir da tendência de degradação ambiental que a vegetação apresentaria na ausência das atividades de conservação da empresa.

Para estudos de valoração com escopo de projetos com quantificações *ex-ante*, recomendamos a aplicação de um *deflator* sobre o volume total de emissões evitadas em função de riscos de implantação do projeto (*non-performance*) – veja a ferramenta de cálculo.

## VALORAÇÃO

O método de valoração adotado é o custo social do carbono (CSC) (Anexo 5), que representa os custos econômicos causados por uma tonelada adicional de CO<sub>2</sub>e. No caso das emissões evitadas, a estimativa refletirá os custos que deixarão de ocorrer por impactos nocivos das mudanças climáticas sobre a sociedade.

$$\text{Valor da externalidade} = E_{ev} \times \text{CSC}$$

Onde: CSC = Custo social do carbono, em reais (R\$).

Para o CSC (Anexo 5), sugere-se o valor de US\$ 87,30 por tCO<sub>2</sub>e, de acordo com Nordhaus (2017), e pode ser convertido em reais pela cotação oficial e atual do dólar americano divulgada pelo governo brasileiro<sup>55</sup>.

## Considerações finais

As demais emissões de GEE não cobertas por essas diretrizes devem ser estimadas com o apoio de métodos específicos, como as Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol<sup>56</sup> e apresentadas em separado (não somar às emissões estimadas para biomassa por essas diretrizes).

Maiores detalhes sobre como valorar desmatamento evitado podem ser obtidos em nota técnica específica para esse fim disponibilizada no site da TeSE<sup>57</sup>.

No caso específico da madeira utilizada na produção de bens duráveis, originária de florestas nativas ou florestas

comerciais, há perda significativa de biomassa na forma de resíduos (partes da árvore que não podem ser aproveitadas para esse fim), os quais se decompõem e formarão GEE. Em geral, esses resíduos dizem respeito à folhagem, galhos, casca do tronco e raízes, e devem ser contabilizados em  $E_{CO_2}$  conforme indicado na sequência. Caso a empresa não possua estudos técnicos que indiquem o percentual de perda de biomassa na forma de resíduos quando da produção de bens duráveis, pode adotar o fator definido aqui arbitrariamente como 50% da madeira destinada à fabricação desses bens.

A contabilização da remoção permanente de CO<sub>2</sub> atmosférico via formação de biomassa,  $R_{CO_2}$ , não contempla a fixação de carbono no solo<sup>58</sup>.

No caso de desmatamento evitado, além das quantificações apresentadas, os projetos normalmente contemplam aspectos do marco regulatório vigente para definir as áreas elegíveis. Assim, é importante explicitar as premissas consideradas pela empresa e a forma de apresentar essas informações é abordada nas diretrizes para relato – Derea.

A assimilação de CO<sub>2</sub> pelos oceanos é um serviço ecossistêmico de mais alta relevância para a regulação do clima global. Entretanto, por não ser influenciado direta e significativamente pela atividade econômica das empresas, não foi considerado.

55 Taxas de câmbio, Banco Central do Brasil: [www.bcb.gov.br/?txcambio](http://www.bcb.gov.br/?txcambio)

56 Sítio do Programa Brasileiro GHG Protocol: [www.ghgprotocolbrasil.com.br](http://www.ghgprotocolbrasil.com.br)

57 Veja o sítio: [www.fgv.br/ces/tese](http://www.fgv.br/ces/tese)

58 Essas emissões e remoções (sequestro de carbono) devem ser contabilizadas sempre que possível. Para mais informações, consulte a Nota técnica do GHG sobre contabilização de emissões e remoções de atividades agrícolas e mudança no uso do solo: [http://mediadrawer.gvces.com.br/ghg/original/ghg-protocol\\_nota-tecnica\\_agro-mudanca-uso-solo\\_-v3.pdf](http://mediadrawer.gvces.com.br/ghg/original/ghg-protocol_nota-tecnica_agro-mudanca-uso-solo_-v3.pdf)

### Quadro 10 - Exemplo de regulação do clima global

Uma empresa agropecuária desenvolve um programa de restauro de Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal (RL) na Mata Atlântica (fitofisiologia de Floresta Estacional Semidecidual Submontana). Como o programa incluiu a cadeia de fornecedores, as quantificações contemplaram um total de 65 ha em implantação em áreas próprias e 220 ha em áreas de fornecedores.

No mesmo ano, entretanto, uma outra unidade da empresa precisou cortar 3 ha de um bosque de eucalipto em seu terreno para expandir suas instalações. A estimativa de estoque médio de carbono desse bosque foi de 55,40 tC/ha, sendo que 80% da biomassa foi aproveitada na construção das novas instalações.

#### EXTERNALIDADES

##### Emissões líquidas

###### Quantificação das remoções

O estoque médio de carbono para Floresta Estacional Semidecidual Submontana foi estimado em 123,1 tC/ha (MCTI, 2015). Convertendo para CO<sub>2</sub>: 123,1 x 44/12 = 451,3 tCO<sub>2</sub>/ha

$$R_{CO_2} = C_{Vrec} \times A_{rec} = 451,3 \times (220 + 65) = 128.608,15 \text{ tCO}_2/\text{ha}$$

###### Quantificação das emissões

O estoque médio de carbono para reflorestamento com eucalipto em São Paulo foi estimado em 55,40 tC/ha (FUNCATE, 2010). Convertendo para CO<sub>2</sub>: 55,40 x 44/12 = 203,13 tCO<sub>2</sub>/ha

$$E_{CO_2} = C_{Vrem} \times A_{rem} = 203,13 \times 3 \times 20\% = 121,88 \text{ tCO}_2$$

Emissões líquidas:  $B_{CO_2e} = R_{CO_2} - E_{CO_2} = 128.608,15 - 121,88 = 128.486,27 \text{ tCO}_2$

$$\text{Valor da externalidade} = B_{CO_2e} \times CSC = 128.486,27 \times (87,30 \times 3,30) = \text{R\$ } 37.015.609,52$$

Taxa de câmbio utilizada: R\$3,30/US\$.

##### Desmatamento evitado

Uma empresa de mineração, com uma operação de minério de ferro na Amazônia Legal, mantém no entorno de sua jazida um programa ambiental que viabilizou a implantação e a manutenção de uma Unidade de Conservação (área própria doada ao Estado para criação de um Parque Estadual) de 25.000 ha. Com a pavimentação de uma rodovia na região e expansão da atividade pecuária, a taxa média de desmatamento na região foi levantada em 1,5% ha/ano para os últimos cinco anos. A partir de um inventário florestal amostral da área, levantou-se um valor médio de 175,5 tC/ha.

#### EXTERNALIDADE

##### Quantificação

$$E_{ev} = (C_{veg} - C_{pd}) \times (T_{lb} - T_p) \times A = (175,5 \times 44/12 - 8,05 \times 44/12) \times (1,5\% - 0\%) \times 25.000 = (643,5 - 29,5) \times 1,5\% \times 25.000 = 230.244 \text{ tCO}_2e$$

Obs.: Foi adotado o valor *default* do *Good Practice Guidance LULUCF 2003*, apresentado na tabela 3.4.9 (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC, 2003 & FUNCATE, 2010) igual a 8,05 tC/ha para o estoque médio de carbono em pastagem plantada estabelecida.

##### Valor da externalidade

$$E_{ev} \times CSC = (230.244) \times (87,30 \times 3,30) = \text{R\$ } 66.330.993,96$$

Taxa de câmbio utilizada: R\$ 3,30/US\$

Esse exemplo é fictício, criado para fins didáticos, e os valores utilizados e não indicados no texto do guia foram estimados a partir de documentos técnicos disponíveis na internet.

## Regulação de polinização

Diz respeito à capacidade dos ecossistemas de regular populações de espécies que promovem a polinização de culturas agrícolas de interesse econômico. Não são aqui abordados fenômenos como autopolinização ou polinização mediada por outros vetores, como o vento.

São propostos dois métodos distintos para a polinização mediada por abelhas:

O **método 1** trata dos serviços ambientais de reposição da polinização, tais como aluguel de ninhos de abelhas e polinização manual. Aborda dependência e impacto interno<sup>59</sup>.

O **método 2** trata diretamente do serviço ecossistêmico de regulação de polinização e avalia os benefícios gerados por populações naturais de polinizadores autóctones (aqueles que habitam a região onde está inserida a cultura agrícola de interesse). Esse método avalia dependência, impacto interno e externalidade, os dois últimos com base em adaptação do modelo proposto por Ricketts e Lonsdorf (2013).

### MÉTODO 1. Reposição de polinização

## Dependência

A dependência, neste caso, refere-se à necessidade de abelhas para que uma cultura agrícola efetivamente produza, tenha máxima produtividade (dentro das limitações impostas por outros fatores) e/ou produza com melhor qualidade.

### QUANTIFICAÇÃO

Indicador físico:  $DPca_j = [(GPpca_j/Pmca_j) - 1] \times 100$

Onde:  $DPca_j$  = Dependência de polinização por abelhas da cultura agrícola  $j$ , em percentual;

$GPpca_j$  = Ganho de produtividade com polinização

por abelhas da cultura agrícola  $j$  em sua unidade física comum (toneladas, etc.) e por ha; e

$Pmca_j$  = Produtividade máxima da cultura agrícola  $j$  em sua unidade física comum (toneladas, etc.) e por ha.

A estimativa de  $GPpca_j$  é essencial para o estudo da importância econômica da polinização. Estimativas para algumas culturas podem ser encontradas na literatura especializada e, se não houver publicação a respeito, podem ser feitas por meio de experimentos de campo.

### VALORAÇÃO

O método de valoração adotado é o de custo de reposição (MCR) (Anexo 1), que, neste caso, estima os custos da reposição da polinização da qual determinada parcela da produtividade da cultura agrícola de interesse depende.

Valor da dependência =  $Rt_j \times \$cd_{rp} \times A_j + \$ci_{rp}$

Em que:  $Rt_j$  = Reposição total da polinização da qual depende a cultura agrícola  $j$ , por ha;

$\$cd_{rp}$  = Custos diretos da reposição da polinização, por ha e por unidade de  $Esf_{rp}$ ;

$A_j$  = Área da cultura agrícola  $j$ ; e

$\$ci_{rp}$  = Custos indiretos da reposição de polinização.

A Reposição total da polinização,  $Rt_j$ , pode ser medida em colônias de abelhas alugadas, horas de trabalho de polinização manual ou outras unidades apropriadas.

Os Custos diretos da reposição,  $\$cd_{rp}$ , dizem respeito ao custo de aluguel de colônias de abelhas, da hora de trabalho de polinização manual, dos materiais e equipamentos essenciais para efetivar a reposição da polinização (pólen, no caso de polinização manual, etc.), entre outros.

Os Custos indiretos da reposição de polinização,  $\$ci_{rp}$ , incluem todos os desembolsos necessários para apoiar e garantir a reposição da polinização, como: custos de manutenção, transporte e instalação de colônias alugadas de abelhas, custos de estadia, alimentação e transporte de trabalhadores que estejam se dedicando de qualquer forma ao esforço de reposição da polinização, entre outros que se mostrem relevantes.

<sup>59</sup> No caso de polinização manual, não há externalidade, já que a ação é focada exclusivamente nas culturas de interesse da própria empresa que contrata esse serviço; no caso de aluguel de ninhos de abelhas, pode haver externalidade, mas essa seria residual, já que a quantidade de ninhos alugados é dimensionada para suprir apenas a cultura de interesse da empresa e, mesmo havendo possibilidade de ocorrer externalidade residual, sua quantificação não é prevista nesse método.

## Impacto interno

O impacto, neste caso, refere-se às consequências de variações na disponibilidade de polinização para os negócios da empresa, ou seja, da variação em produtividade, qualidade ou outras características da produção agrícola relacionadas de alguma forma com a polinização mediada por abelhas.

### QUANTIFICAÇÃO

A quantificação, neste caso, é baseada no esforço empreendido para substituir a polinização selvagem, seja pela importação de polinizadores, seja pela polinização manual da cultura agrícola de interesse.

$$\text{Indicador físico: } lpca_j = Rn_j / A_j$$

Em que:  $lpca_j$  = Impacto interno da escassez de polinização na cultura agrícola  $j$ ;

$Rn_j$  = Reposição necessária de polinização, que pode ser medida em colônias de abelhas alugadas ou horas de trabalho de polinização manual; e

$A_j$  = Área da cultura agrícola  $j$ .

### VALORAÇÃO

O método de valoração adotado é o de custo de reposição (MCR) (Anexo 1), que, neste caso, estima os custos da reposição da polinização da qual determinada parcela da produtividade da cultura agrícola de interesse depende e que foi perdida de fato sob determinadas circunstâncias relevantes para a análise.

$$\text{Valor do impacto interno} = lpca_j \times \$cd_{rp} \times A_j + \$ci_{rp}$$

## MÉTODO 2. Polinização selvagem

### Dependência

A dependência, neste caso, refere-se à necessidade de abelhas para que uma cultura agrícola efetivamente produza, tenha máxima produtividade (dentro das limitações impostas por outros fatores) e/ou produza com melhor qualidade.

### QUANTIFICAÇÃO

$$\text{Indicador físico: } DPca_j = [(GPpaca_j / Pmca_j) - 1] \times 100$$

Em que:  $DPca_j$  = Dependência de polinização por abelhas da cultura agrícola  $j$ , em percentual;

$GPpaca_j$  = Ganho de produtividade com polinização por abelhas da cultura agrícola  $j$  em sua unidade física comum (toneladas, etc.) e por ha; e

$Pmca_j$  = Produtividade máxima da cultura agrícola  $j$  em sua unidade física comum (toneladas, etc.) e por ha.

A estimativa de  $GPpaca_j$  é essencial para o estudo da importância econômica da polinização. Estimativas para algumas culturas podem ser encontradas na literatura especializada e, se não houver publicação a respeito, podem ser feitas por meio de experimentos científicos simplificados.

### VALORAÇÃO

O método de valoração adotado é o de função de produção (MFP) (Anexo 2), que, neste caso, estima o valor econômico da polinização por meio do valor monetário associado à parcela da produção que depende de polinização.

$$\text{Valor da dependência} = Pmca_j \times DPca_j \times A_{jn} \times \$ca_j$$

Em que:  $Pmca_j$  = Produtividade máxima da cultura agrícola  $j$  em sua unidade física comum (toneladas, etc.) e por ha;

$A_{jn}$  = Área  $n$  da cultura agrícola  $j$ , na mesma unidade de área que  $Pmca_j$ ; e

$\$ca_j$  = Preço de venda da cultura agrícola  $j$ , em R\$ e mesma unidade física de  $Pmca_j$ .

Idealmente, a  $Pmca_j$  deveria ser determinada por experimento em campo, mas podem ser utilizados também dados da literatura especializada ou a produtividade máxima observada na região no passado.

## Impacto interno

O impacto, neste caso, refere-se às consequências de variações na disponibilidade de abelhas para os negócios da empresa que conduz as análises, ou seja, da variação em

produtividade, qualidade ou outras características da produção agrícola relacionadas de alguma forma com a polinização mediada por abelhas.

## QUANTIFICAÇÃO

A quantificação, baseada em Ricketts e Lonsdorf (2013), é feita em três etapas. As duas primeiras são preliminares e subsidiam uma terceira etapa, na qual é construída uma função dose-resposta que efetivamente estimará o impacto.

### Etapa 1. Diagnóstico da diversidade de polinizadores nas áreas de oferta de polinizadores

O diagnóstico da diversidade de polinizadores em cada área é feito com base em dois indicadores fundamentais: riqueza e abundância.

$Rp_m$  = Riqueza = número de espécies de polinizadores na área  $m$ ; e

$Ap_{im}$  = Abundância = número de espécimes (indivíduos) da espécie  $i$  na área  $m$ , por ha

Tanto  $Rp_m$  como  $Ap_{im}$  precisam ser estimados diretamente a partir de amostragens de campo. Se mais de uma área for considerada no estudo, ou seja,  $m > 1$ , é desejável que a riqueza e a abundância de polinizadores sejam amostradas também nessas outras áreas. Entretanto, se isso não for possível, as riquezas e abundâncias dessas outras áreas poderão ser indiretamente estimadas conforme Kennedy et al (2013). A ferramenta de cálculo da Devese<sup>60</sup> faz essa estimativa.

Idealmente, todas as áreas com potencial de oferta de polinizadores em um raio de até 10 km em relação às áreas dependentes de polinização, nativas ou antropizadas, deveriam ser avaliadas. Isso inclui áreas que não estejam sob controle operacional da empresa ou de seus fornecedores, pois as áreas dependentes de polinização poderão receber abelhas de todas as áreas próximas, independentemente de quem as controla. Entretanto, os procedimentos metodológicos aqui indicados podem estimar apenas a contribuição de cada área individualmente, sendo possível depois somar as contribuições das áreas controladas pela empresa.

Ao final desta etapa, enfim, devem estar disponíveis dados

sobre a riqueza e a abundância de polinizadores das áreas amostradas em campo e as respectivas estimativas para outras áreas relevantes que não foram amostradas.

### Etapa 2: Estimativa da diversidade de polinizadores nas áreas $n$ dependentes de polinização

Polinizadores têm um alcance limitado, ou seja, uma distância máxima que conseguem percorrer em busca de pólen. É preciso avaliar, a partir das áreas de origem ( $m$ ) estudadas na etapa 1 e das distâncias entre essas áreas e as áreas  $n$  que dependem de polinização quais espécies de polinizadores conseguem efetivamente alcançar essas áreas  $n$  e com que abundância.

Como esta etapa avalia as consequências sobre a própria empresa das variações na disponibilidade de polinizadores, as áreas  $n$  dependentes de polinização devem ser áreas sob controle operacional da empresa ou de seus fornecedores (sua cadeia de valor).

$$Ap_{jin} = \sum_{m=1}^M Ap_{ji} \times 2,7183^{-d_{mn}/d_i}$$

$$Ap_{jn} = \sum_{i=1}^{Rp_j} Ap_{jin}$$

$$Ap_n = Ap_{jn} / A_{jn}$$

Em que:  $Ap_{jin}$  = Abundância do polinizador da cultura agrícola  $j$ , pertencente à espécie  $i$ , na área  $n$  dependente de polinização;

$Ap_{ji}$  = Abundância do polinizador da cultura agrícola  $j$ , pertencente à espécie  $i$ , na área  $m$ , onde  $m$  varia de 1 a  $M$  quando  $M > 1$ ;

$d_{mn}$  = Distância entre a área  $m$ , de origem dos polinizadores, para a área  $n$ , dependente de polinização;

$d_i$  = Distância máxima de deslocamento do polinizador da espécie  $i$ ;

$Ap_{jn}$  = Abundância de polinizadores da cultura agrícola  $j$  na área dependente de polinização  $n$  (já somados os polinizadores de todas as espécies encontradas nas áreas  $m$ );

$Rp_j$  = Riqueza de polinizadores da cultura agrícola  $j$ ;

$Ap_n$  = Abundância de polinizadores na área  $n$  por hectare; e

$A_{jn}$  = Área  $n$  onde está a cultura agrícola  $j$ , em ha.

60 Disponível no site da TeSE: [www.tendenciasemse.com.br](http://www.tendenciasemse.com.br)

A etapa 2 precisa ser repetida para cada área  $n$  de interesse, ou seja, para cada área dependente de polinização que será considerada na análise.

A distância  $d_{mn}$  precisa ser medida, e a medição deve ser feita a partir do meio da área  $m$  até o meio da área  $n$ .

As distâncias  $d_i$  podem ser obtidas da literatura especializada (GREENLEAF, WILLIAMS, WINFREE & KREMEN, 2007) e são disponibilizadas na ferramenta de cálculo da Devese.

A riqueza de polinizadores locais (conjunto das áreas  $m$  ou  $M$ ),  $R_p$ , é a mesma obtida na etapa 1. Nas áreas  $m$  nas quais a riqueza não foi amostrada, para efeito de simplificação, pode-se adotar a mesma riqueza das áreas amostradas.

### Etapa 3. Influência dos polinizadores na produção agrícola

Nesta etapa é adotada uma função que relaciona a disponibilidade de polinizadores à produtividade da cultura agrícola de interesse, ou seja, uma função do tipo dose-resposta. A função dose-resposta aqui adotada equivale ao modelo quadrático genérico  $-ax^2 + bx$ , onde  $a$  e  $b$  são constantes e  $x = Ap_n$ .<sup>61</sup>

$$a = -(Pmca_j \times DPca_j / 100) / Dpca_j^2$$

$$b = -2 \times a \times Dpca_j$$

$$\text{Indicador físico: } lpca_j = (a \times Ap_n^2 + b \times Ap_n) / Pmca_j$$

Em que:  $a$  = Constante do modelo quadrático;

$DPca_j$  = Estimativa da densidade de polinizadores (quantidade de polinizadores por hectare) necessária para garantir a máxima polinização de 1 ha da cultura agrícola  $j$ ;

$Pmca_j$  = Produtividade máxima da cultura agrícola  $j$ ;

$b$  = Constante do modelo quadrático;

$DPca_j$  = Dependência de polinização por abelhas da cultura agrícola  $j$ , em percentual; e

$lpca_j$  = Impacto da Polinização na cultura agrícola  $j$ .

Dados sobre a  $Dpca_j$ , se não puderem ser obtidos na literatura especializada, podem ser estimados por meio de experimento de campo.

Já a  $Pmca_j$  deve idealmente ser inferida com base em  $Dpca_j$ , por experimento de campo. Se não for possível realizar o experimento, é possível adotar estimativas disponíveis na literatura especializada ou adotar a máxima produtividade observada na região no passado.

### VALORAÇÃO

O método de valoração adotado é o de função da produção (Anexo 2), que, neste caso, estima o valor econômico da polinização por meio do valor econômico associado à parcela da produção da empresa que variou em função da variação na disponibilidade de polinizadores.

$$\text{Valor do impacto interno} = Pmca_j \times A_{jn} \times Sca_j \times lpca_j$$

## Externalidades

As externalidades, neste caso, referem-se às consequências de variações na disponibilidade de polinizadores das áreas sob controle operacional da empresa sobre as áreas de produção agrícola de terceiros, em especial da comunidade do entorno da área  $m$  que disponibiliza polinizadores e está sob gestão da empresa ou sua cadeia de valor.

### QUANTIFICAÇÃO

A quantificação, baseada em Ricketts e Lonsdorf (2013), é feita em três etapas. As duas primeiras são preliminares e subsidiam uma terceira etapa na qual é construída uma função dose-resposta que efetivamente estimará o impacto. Trata-se do mesmo modelo descrito para a quantificação de impactos, com apenas duas diferenças fundamentais na etapa 2 de desenvolvimento do modelo:

- As áreas dependentes de polinização  $n$  serão áreas de terceiros em um raio de até 10 km de distância das áreas  $m$  sob controle operacional da empresa; e
- Devem ser consideradas as contribuições apenas das áreas  $m$  sob controle operacional da empresa para a disponibilidade de polinizadores.

61 Este modelo de função dose-resposta é diferente do modelo utilizado por Ricketts & Lonsdorf (2013). Foi escolhido por ser mais simples e fácil de parametrizar, pois sua aderência aos processos ecológicos de polinização é supostamente tão boa quanto a do modelo adotado por Ricketts & Lonsdorf (2013), sendo que nenhum desses modelos foi de fato suficientemente estudado a esse respeito.

### Etapa 1: Diagnóstico da diversidade de polinizadores nas áreas $m$ de oferta de polinizadores

O diagnóstico da diversidade de polinizadores em cada área é feito com base em dois indicadores fundamentais: riqueza e abundância.

$Rp_m = R$  = número de espécies de polinizadores na área  $m$ ; e

$Ap_{im}$  = Abundância = número de espécimes (indivíduos) da espécie  $i$  na área  $m$ , por ha

Tanto  $Rp_m$  como  $Ap_{im}$  precisam ser estimados diretamente a partir de amostragens de campo, na área que for estudada (reforçando que devem ser consideradas apenas áreas sob controle operacional da empresa). Se mais de uma área for considerada no estudo, ou seja,  $m > 1$ , é desejável que a riqueza e a abundância de polinizadores sejam amostradas também nessas outras áreas. Entretanto, se isso não for possível, as riquezas e abundâncias dessas outras áreas poderão ser indiretamente estimadas conforme Kennedy et al (2013). A ferramenta de cálculo da Devese<sup>62</sup> faz essa estimativa.

Idealmente, todas as áreas com potencial de oferta de polinizadores em um raio de até 10 km em relação às áreas dependentes de polinização, nativas ou antropizadas, deveriam ser avaliadas. Entretanto, os procedimentos metodológicos aqui indicados podem estimar apenas a contribuição de cada área individualmente, sendo possível depois somar as contribuições das áreas controladas pela empresa.

Ao final desta etapa, enfim, devem estar disponíveis dados sobre a riqueza e a abundância de polinizadores das áreas amostradas em campo e as respectivas estimativas para outras áreas relevantes que não foram amostradas.

### Etapa 2. estimativa da diversidade de polinizadores nas áreas $n$ dependentes de polinização

Polinizadores têm um alcance limitado, ou seja, uma distância máxima que conseguem percorrer em busca de pólen.

É preciso avaliar, a partir das áreas de origem ( $m$ ) estudadas na etapa 1 e das distâncias entre essas áreas e as áreas  $n$  que dependem de polinização, quais espécies de polini-

zadores conseguem efetivamente alcançar essas áreas  $n$  e com que abundância.

Como esta etapa avalia as consequências sobre terceiros das variações na disponibilidade de polinizadores nas áreas  $m$  controladas pela empresa ou sua cadeia de valor, as áreas  $n$  dependentes de polinização devem ser áreas sob controle dessas partes interessadas, e não da própria empresa ou de sua cadeia de valor.

$$Ap_{jin} = \sum_{m=1}^M Ap_{ji} \times 2,7183^{-d_{mn}/d_i}$$

$$Ap_{jn} = \sum_{i=1}^{Rp_j} Ap_{jin}$$

$$Ap_n = Ap_{jn} / A_{jn}$$

Onde:  $Ap_{jin}$  = Abundância do polinizador da cultura agrícola  $j$ , pertencente à espécie  $i$ , na área  $n$  dependente de polinização;

$Ap_{ji}$  = Abundância do polinizador da cultura agrícola  $j$ , pertencente à espécie  $i$ , na área  $m$ , onde  $m$  varia de 1 a  $M$  quando  $M > 1$ ;

$d_{mn}$  = Distância entre a área  $m$ , de origem dos polinizadores, para a área  $n$ , dependente de polinização;

$d_i$  = Distância máxima de deslocamento do polinizador da espécie  $i$ ;

$Ap_{jn}$  = Abundância de polinizadores da cultura agrícola  $j$  na área dependente de polinização  $n$  (já somados os polinizadores de todas as espécies encontradas nas áreas  $m$ );

$Rp_j$  = Riqueza de polinizadores da cultura agrícola  $j$ ;

$Ap_n$  = Abundância de polinizadores na área  $n$  por ha; e

$A_{jn}$  = Área  $n$  onde está a cultura agrícola  $j$ , em ha.

A etapa 2 precisa ser repetida para cada área  $n$  de interesse, ou seja, para cada área dependente de polinização que será considerada na análise.

A distância  $d_{mn}$  precisa ser medida, e a medição deve ser feita a partir do meio da área  $m$  até o meio da área  $n$ .

As distâncias  $d_i$  podem ser obtidas na literatura especializada (GREENLEAF et al, 2007) e são disponibilizadas na ferramenta de cálculo da Devese.

A riqueza de polinizadores locais (conjunto das áreas  $m$ , ou  $M$ ),  $Rp$ , é a mesma obtida na etapa 1. Nas áreas  $m$  nas quais

62 Disponível no site da TeSE: [www.tendenciasemse.com.br](http://www.tendenciasemse.com.br)

a riqueza não foi amostrada, para efeito de simplificação, pode-se adotar a mesma riqueza das áreas amostradas.

### Etapa 3. Influência dos polinizadores na produção agrícola

Nesta etapa, é adotada uma função que relaciona a disponibilidade de polinizadores à produtividade da cultura agrícola de interesse, ou seja, uma função do tipo dose-resposta. A função dose-resposta aqui adotada equivale ao modelo quadrático genérico  $-ax^2+bx$ , onde  $a$  e  $b$  são constantes e  $x = Ap_n$ .<sup>63</sup>

$$a = - (Pmca_j \times DPca_j/100) / Dpca_j^2$$

$$b = - 2 \times a \times Dpca_j$$

$$\text{Indicador físico: } Epcq_j = (a \times Ap_n^2 + b \times Ap_n) / Pmca_j$$

Onde:  $a$  = Constante do modelo quadrático;

$Dpca_j$  = Densidade de polinizadores (polinizadores/ha) necessária para garantir a máxima polinização de 1 ha da cultura agrícola  $j$ ;

$Pmca_j$  = Produtividade máxima da cultura agrícola  $j$ ;

$b$  = Constante do modelo quadrático;

$DPca_j$  = Dependência de polinização por abelhas da cultura agrícola  $j$ , em percentual; e

$Epcq_j$  = Externalidade gerada na polinização da cultura agrícola  $j$ .

Assim como no caso da análise de impactos, as maiores dificuldades na análise de externalidades estão na obtenção de estimativas para  $Pmca_j$  e  $Dpca_j$ .

No caso de externalidades, entretanto, a dificuldade é um pouco maior por não haver garantia de acesso às áreas da cultura agrícola dependente de polinização, que nesse caso são áreas de terceiros.

Caso não seja possível determinar  $Pmca_j$  e  $Dpca_j$  empiricamente por meio de experimentos, será então necessário obter tais estimativas da literatura especializada ou até mesmo da opinião de especialistas.

<sup>63</sup> Este modelo de função dose-resposta é diferente do modelo utilizado por Rickets & Lonsdorf (2013). Foi escolhido por ser mais simples e fácil de parametrizar, pois sua aderência aos processos ecológicos de polinização é supostamente tão boa quanto a do modelo adotado por Rickets & Lonsdorf (2013), sendo que nenhum desses modelos foi de fato suficientemente estudado a esse respeito.

## VALORAÇÃO

O método de valoração adotado é o de função da produção (MFP) (Anexo 2), que, neste caso, estima o valor econômico da polinização por meio do valor econômico associado à parcela da produção de terceiros que varia em função da disponibilidade de polinizadores oriundos das áreas  $m$  sob controle operacional da empresa ou sua cadeia de valor.

$$\text{Valor da externalidade} = Pmca_j \times A_{jn} \times Scq_j \times Epcq_j$$

Onde:  $Pmca_j$  = Produtividade máxima da cultura agrícola  $j$  em sua unidade física comum (toneladas, etc.) e por ha;

$A_{jn}$  = Área  $n$  da cultura agrícola  $j$ , na mesma unidade de área que  $Pmca_j$ ; e

$Scq_j$  = Preço de venda da cultura agrícola  $j$ , em R\$, e mesma unidade física de  $Pmca_j$ .

## Considerações finais

O Método de Custo de Reposição (MCR) utilizado no método 1 tende a gerar estimativas do valor mínimo associado a serviços ecossistêmicos (Anexo 1). O valor máximo, neste caso, seria equivalente ao preço da produção prejudicada em função da não reposição da polinização.

O modelo quadrático adotado no método 2 implica um decréscimo da produtividade após seu ponto máximo. Esse decréscimo é condizente com pesquisas recentes sobre o processo ecológico de polinização mediada por animais; entretanto, foi restringido a 10% do ponto máximo, dada a falta de informações mais precisas sobre a real magnitude desse decréscimo<sup>64</sup>.

Os investimentos necessários para estimar a diversidade de polinizadores ( $Rp$  e  $Ap$ ), a produtividade sob nível máximo de polinização ( $Pmca_j$ ), a densidade de polinizadores necessária para garantir a máxima polinização da cultura agrícola ( $Dpca_j$ ) e ganho de produtividade com polinização por abelhas ( $GPpca_j$ ) não são altos e o tempo para conduzir experimentos de campo para esses fins equivalem normalmente a um ciclo reprodutivo da cultura agrícola que será estudada. Mais ainda,  $Pmca_j$ ,  $Dpca_j$  e  $GPpca_j$  po-

<sup>64</sup> A ferramenta de cálculo da TeSE fará esse ajuste automaticamente.

dem ser reutilizados em futuras reavaliações. Já  $R_p$  e  $A_p$ , as variáveis de mais fácil obtenção, se necessário, podem ser ajustadas às mudanças de uso do solo na região, sem necessidade de novo diagnóstico. Idealmente, o diagnóstico da diversidade de polinizadores deve ser refeito, se possível, anualmente.

O modelo utilizado não considera informações sobre preferências dos polinizadores por determinado tipo de planta nem a eficiência de diferentes espécies no processo de polinização da cultura agrícola de interesse.

O modelo aqui adotado é semelhante ao modelo utilizado pelo InVEST, que trabalha por meio de mapas digitais. O módulo de polinização do InVEST pode, portanto, ser utilizado em substituição às diretrizes aqui apresentadas.

#### Quadro 11. Exemplo: regulação de polinização

### MÉTODO 1. REPOSIÇÃO DA POLINIZAÇÃO

Uma pequena empresa agrícola possui duas propriedades distantes, aproximadamente 15 km uma da outra. Na área A produz café em 100 ha, e na área B produz maracujá em 1 ha.

Suas áreas estão cercadas de áreas recentemente preparadas para plantio de pasto e que, portanto, não possuem populações de abelhas selvagens.

#### DEPENDÊNCIA

A polinização por abelhas contribui com até 33% da produtividade de um cafezal e 75% da produtividade de uma plantação de maracujá.

Para garantir sua produção na área A, a empresa precisaria de duas colônias de abelhas *Apis mellifera* para cada hectare de área plantada por período de floração. O preço de aluguel é de R\$ 100,00 por colônia e os custos indiretos de transporte, instalação e manutenção das colônias e a mão de obra relacionada somaram R\$ 2.500,00.

Para garantir sua produção na área B, entretanto, a empresa optou por contratar serviços de polinização manual. Foram estimadas 200 h de trabalho para po-

linizar a área produtiva, a um custo de R\$ 50,00/h. Os custos indiretos de extração e preparação do pólen, bem como de transporte, estadia e alimentação dos trabalhadores somaram R\$ 2.000,00.

#### Quantificação

Indicador físico: Café:  $DPca_{café} = 33\%$

Maracujá:  $DPca_{maracujá} = 75\%$

#### Valor da dependência

$$\begin{aligned} \text{Café} &= R_t \times \$cd_{rp} \times A_j + \$ci_{rp} = 2 \times 100 \times 100 + 2.500,00 \\ &= \text{R\$ } 22.500,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maracujá} &= R_t \times \$cd_{rp} \times A_j + \$ci_{rp} = 200 \times 50 \times 1 + \\ &2.000,00 = \text{R\$ } 12.000,00 \end{aligned}$$

#### IMPACTO INTERNO

Na última temporada, entretanto, a empresa conseguiu alugar apenas uma colônia de abelhas/ha para a área A, com custos indiretos de R\$ 1.500,00, e obteve mão de obra para apenas o equivalente a 150 h trabalho/ha para a área B, com custos indiretos de R\$ 1.700,00.

**Quantificação**

Indicador físico: Área A:  $lpca_j = Rn_j / A_j = 1$  colônia de abelha/ha

Área B:  $lpca_j = Rn_j / A_j = 150$  horas trabalho/ha

**Valor do impacto interno:**

Área A:  $lpca_j \times \$cd_{rp} \times A_j + \$ci_{rp} = 1 \times 100 \times 100 + 1.500,00 = R\$ 11.500,00$

Área B:  $lpca_j \times \$cd_{rp} \times A_j + \$ci_{rp} = 150 \times 50 \times 1 + 1.700,00 = R\$ 9.200,00$

**MÉTODO 2. POLINIZAÇÃO SELVAGEM**

Uma empresa exportadora de café controla uma fazenda com 100 ha de plantações de café. Em sua propriedade, há um fragmento de floresta tropical preservada de 15 ha (FF1), enquanto nos arredores, em um raio de 10 km, há outros três fragmentos florestais, dois com as mesmas características e 5 (FF2) e 20 (FF3) ha respectivamente, e um terceiro fragmento degradado, de 3 ha (FF4). Experimentos demonstraram que a produtividade do café na região é 33% dependente de polinização, e a produtividade máxima na fazenda foi estimada em 2,5 t/ha. O preço médio de venda do café é de R\$ 466,67/t.

Detalhes dos cálculos de impacto e externalidade são apresentados no Apêndice 2.

**DEPENDÊNCIA****Quantificação**

Indicador físico:  $DPca_{café} = 33\%$

**Valor da dependência**

$Pmca_{café} \times A_{café} \times \$ca_{café} \times DPca_{café} = 2,5 \times 100 \times 466,67 \times 0,33 = R\$ 38.500,28$

**IMPACTO INTERNO**

Foram identificadas três espécies de polinizadores de café na área FF1: *Apis mellifera* (*A. mellifera*), *Melipona fasciata* (*M. fasciata*) e *Tetragonisca angustula* (*T. angustula*), com as respectivas densidades (espécimes/ha): 30.000, 20.000 e 10.000. Há outras 3 áreas com potencial de provisão de polinizadores: FF2, FF3 e FF4.

**Quantificação****Etapa 1**

FF1:  $Rp_m = 3$  (*A. mellifera*, *M. fasciata* e *T. angustula*)  
 $Ap_m = 30.000$  (*A. mellifera*),  $20.000$  (*M. fasciata*) e  $10.000$  (*T. angustula*)

Para FF2 e FF3, assumiu-se a mesma  $Rp_m$  de FF1, e a estimativa de abundância foi indireta.

Como as características da vegetação em FF1 são equivalentes às das vegetações em FF2 e FF3, a abundância de abelhas por hectare em FF2 e FF3 será a mesma de FF1. Já no caso de FF4, como a vegetação é degradada em relação à de FF1, a abundância de abelhas foi ajustada:

FF4:  $Ap_{am} = 30.000 / (1 + (0,71 - 0,53) / 0,1 \times 0,232) = 21.163/ha$

$Ap_{mf} = 20.000 / (1 + (0,71 - 0,53) / 0,1 \times 0,232) = 14.108/ha$

$Ap_{ta} = 10.000 / (1 + (0,71 - 0,53) / 0,1 \times 0,232) = 7.054/ha$

**Etapa 2**

As distâncias entre a plantação de café e os remanescentes florestais são: 100 m para FF1, 1.000 m para FF2, 7.350 m para FF3, e 5.300 m para FF4.

Como FF3 está além da distância de voo das três espécies de polinizadores identificadas na região (GREEN-LEAF et al, 2007), não contribui para a polinização do café da fazenda (única área n deste exemplo).

$$Ap_{jn} = Ap_{Am} + Ap_{Mf} + Ap_{Ta} = 594.907 + 331.994 + 130.032 = 1.056.933 \text{ espécimes}$$

$$Ap_n = Ap_{jn}/A_{jn} = 1.056.933 / 100 = 10.569 \text{ espécimes/ha}$$

### Etapa 3

A quantidade de polinizadores para garantir a efetiva polinização das flores de 1 ha de café foi estimada em 50.000.

$$\text{Indicador físico: } lpcq_j = (a \times Ap_n^2 + b \times Ap_n) / Pmq_j \\ = (-3,3 \times 10^{-10} \times 10.569^2 + 3,3 \times 10^{-5} \times 10.569) / 2,5 = 0,3119 / 2,5 = 0,1248 = 12,48\%$$

### Valor do impacto interno

$$Pmq_{café} \times A_{café} \times Sca_{café} \times lpcq_{café} = 2,5 \times 100 \times 466,67 \times 0,1248 = R\$ 14.560,10$$

### EXTERNALIDADE

Apenas a área FF1 está sob controle operacional da empresa, e, portanto, é a única área com potencial de gerar externalidades por meio de regulação de polinização.

Foi identificada apenas uma área produtiva externa (área n, dependente de polinização e pertencente a outra fazenda) no raio de 10 km de FF1. Esta área possui 10 ha e também é destinada à produção de café.

### Quantificação

#### Etapa 1

FF1: Rp = 3 (A. mellifera, M. fasciata e T. angustula)  
Ap = 30.000 (A. mellifera), 20.000 (M. fasciata) e 10.000 (T. angustula)

#### Etapa 2

A distância entre a área n e FF1 é de 900 m, maior do que a distância de voo de T. angustula, o que exclui essa espécie como polinizadora da área n.

$$i = A. mellifera (Am): Ap_{in} = 15 \times 30.000 \times 2,7183 \wedge (-900/5900) = 386.335 \text{ espécimes}$$

$$i = M. fasciata (Mf): Ap_{in} = 15 \times 20.000 \times 2,7183 \wedge (-900/1500) = 164.643 \text{ espécimes}$$

$$Ap_{café} = Ap_{Am} + Ap_{Mf} = (386.335 + 164.643) / 10 = 55.098 \text{ espécimes/ha}$$

#### Etapa 3

$$\text{Indicador físico: } Epq_j = (a \times Ap_n^2 + b \times Ap_n) / Pmq_j = (-3,3 \times 10^{-10} \times 55.098^2 + 3,3 \times 10^{-5} \times 55.098) / 2,5 = 0,8164 / 2,5 = 0,3266 = 32,66\%$$

### Valor da externalidade

$$Pmq_{café} \times A_{café} \times Sca_{café} \times Epq_{café} = 2,5 \times 10 \times 466,67 \times 0,3266 = R\$ 3.810,03$$

Este exemplo é fictício, criado para fins didáticos, e os valores utilizados e não indicados no texto do guia foram estimados a partir de documentos técnicos disponíveis na internet.

## Regulação da erosão do solo

A erosão do solo é um processo ecológico natural, mas que pode ser acelerado ou reduzido em função do manejo e uso do solo. O serviço ecossistêmico de regulação

da erosão do solo diz respeito ao papel que ecossistemas, naturais ou antropizados, têm no controle de processos erosivos.

A abordagem aqui apresentada permite diferentes análises: i) quantidade de solo erodida; ii) consequências de processos erosivos para a fertilidade do solo (perda de nutrientes); e iii) qualidade de águas superficiais (turbidez hídrica). Todas elas partem da avaliação de erosão laminar (difusa), fundamentada na Equação Universal de Perdas de Solos (EUPS).

O resultado da EUPS, quantidade de solo erodida por ano (Etapa inicial) pode ser utilizado para a valoração ou pode ser complementado por outros fatores, de acordo com o interesse da análise, como a perda de nutrientes do solo (Método 1) e/ou o aumento da turbidez por aporte de sedimentos em corpos d'água (Método 2). Os cálculos são baseados principalmente em Bertoni e Lombardi Neto (2008), Sousa (2011) e Roehl (1962).

Para tratar questões relacionadas a eventos erosivos pontuais, como voçorocas e quedas de barreiras, adaptações dessas diretrizes são possíveis e recomendadas, podendo ser baseadas no mesmo conjunto de métodos de valoração apresentados nos anexos.

### Etapa inicial – Quantidade de solo erodida

Sob qualquer perspectiva de análise, estas Diretrizes propõem uma etapa inicial de quantificação por meio da Equação Universal de Perda de Solos<sup>65</sup>:

$$\text{EUPS: } Es = \sum_{a=1}^n (R_a \times K_a \times LS_a \times CP_a \times A_a) / A_t$$

Onde:  $n$  = Número de Áreas  $a$  avaliadas;

$Es$  = Erosão do Solo, em t/ha x ano;

$R_a$  = Fator de erosividade da chuva na área  $a$  em MJ mm/ha x h x ano;

$K_a$  = Fator de erodibilidade do solo na área  $a$  em t x h/MJ x mm;

$LS_a$  = Fator de comprimento de rampa (composição entre o comprimento e o grau de declividade de uma determinada área) na área  $a$ ;

$CP_a$  = Fator de uso de solo (C) e prática de manejo (P) na área  $a$ ;

$A_a$  = Área analisada, em ha;

$A_t$  = Área total (somatória das áreas  $a$ ), em ha.

A erosividade da chuva,  $R_a$ , pode ser obtida a partir da pluviosidade média anual e da intensidade de chuva, conforme Bertoni e Lombardi Neto (2008). A ferramenta de cálculo da Devese apresenta alguns valores obtidos para diferentes regiões do Brasil e que podem ser utilizados como aproximação na falta de valores locais.

As variáveis  $K_a$ ,  $CP_a$  e  $LS_a$  devem preferencialmente ser obtidas em campo. Se não for exequível, podem ser obtidas de estudos técnicos e científicos desenvolvidos na região, ou é possível adotar os valores *default* disponíveis na ferramenta de cálculo da Devese. Para a determinação de  $LS_a$ , os comprimentos e graus de declividade devem ser diagnosticados na área, em campo ou por meio de mapas com curvas de nível.

Em áreas onde as variáveis que compõem a EUPS se distribuem de forma homogênea (pouca variação), pode-se utilizar a média dos pontos mais representativos da área para estimar a erosão do solo na área total. Já em áreas onde as variáveis que compõem a EUPS se distribuem de forma heterogênea, é mais adequado subdividir a área total em módulos mais homogêneos – Áreas analisadas  $A_a$  – (com o mesmo uso e manejo do solo) e depois somar os resultados para obter o resultado total da área.

A análise de dependência, impacto interno e externalidade representam diferentes perspectivas e resultados para Erosão do Solo (ES), conforme descrito abaixo.

## Dependência

A dependência, neste caso, ocorre quando os negócios da empresa estão sujeitos a sofrer perda econômica por processos erosivos intensificados nas áreas onde a empresa atua ou dependa, direta ou indiretamente. Nesse sentido, a dependência é função da máxima retenção de erosão que pode ser garantida por ecossistemas naturais da qual se beneficia economicamente a empresa.

A quantificação da dependência compara duas estimativas de erosão do solo ( $Es$ ): a situação de erosão máxima ( $Es_{max}$ ), que se dá quando o solo está exposto, e é indicado pelo menor fator de uso do solo e prática de manejo ( $CP$ ); e a situação de erosão mínima ( $Es_{min}$ ), que se dá quando há máxima retenção do solo, ou seja, existência de cobertura vegetal

65 Maiores detalhes em Bertoni e Lombardi Neto (2008), ou literatura equivalente.

nativa original, indicada pelo fator de uso do solo e prática de manejo (CP) correspondente a esta vegetação.

### MÉTODO 1 - Perda de nutrientes

#### QUANTIFICAÇÃO

A análise da dependência deve considerar apenas as áreas cuja fertilidade do solo é relevante para os negócios da empresa. A partir do cálculo da erosão máxima ( $Es_{max}$ ), e da erosão mínima ( $Es_{min}$ ), conforme EUPS descrita na etapa inicial, calcula-se:

$$\text{Indicador físico de perda de nutrientes no solo: } PN_s = N_s \times (Es_{max} - Es_{min})$$

Em que:  $PN_s$  = Perda de nutrientes do solo, em t/ha x ano;

$N_s$  = Concentração de nutrientes do solo, em t/ha;

$Es_{max}$  = Erosão do solo em t/ha ano, na condição de solo exposto; e

$Es_{min}$  = Erosão do solo em t/ha ano na condição de solo coberto por vegetação nativa original da região.

O valor de  $N_s$  deve ser determinado com base em dados locais, por análise laboratorial. Na impossibilidade de obtenção de dados locais, é possível utilizar dados secundários obtidos de solos semelhantes.

#### VALORAÇÃO

O método de valoração adotado é o do custo de reposição (MCR) (Anexo 1), que neste caso estima os gastos que seriam necessários para repor os nutrientes perdidos pelos processos erosivos que resultam em perdas de produtividade de culturas agrícolas.

$$\text{Valor da dependência} = \$N_s \times A_t + \$log$$

Onde:  $\$N_s$  = Custo dos nutrientes do solo, por ha;

$A_t$  = Área, em ha;

$\$log$  = Custos com logística para a aplicação dos nutrientes no solo.

### MÉTODO 2 - Turbidez em corpo d'água

#### QUANTIFICAÇÃO

A análise deve considerar apenas áreas a montante dos pontos de captação de água da empresa, na mesma bacia hidrográfica onde a empresa atua.

A partir da EUPS e dos resultados obtidos para  $Es_{max}$  e  $Es_{min}$ , é possível calcular o indicador físico da dependência da empresa em relação a turbidez do corpo hídrico causada por erosão.

$$\text{Indicador físico: } Tca = (\ln (TAS \times (Es_{max} - Es_{min}) \times 31,7098 \times At / Q_{mlt}) - 1,57) / 0,1$$

$$\text{Sendo } TAS = 771,8448 \times (Dif_{alt}/C_{cap})^{0,83291}$$

Em que:  $Tca$  = Turbidez no corpo d'água, em UTN;

$TAS$  = Taxa de aporte de sedimentos (percentual);

$Es_{max}$  = Erosão do solo na condição de solo exposto, em t/ha x ano;

$Es_{min}$  = Erosão do solo na condição de solo coberto por vegetação nativa original da região, em t/ha x ano;

$Q_{mlt}$  = Vazão média de longo termo do curso d'água, em L/s ( $L/s = (m^3/s) \times 1000$ );

$At$  = Área total, em ha;

$Dif_{alt}$  = Diferença entre máxima e mínima altitudes, em m;

$C_{cap}$  = Comprimento do principal curso d'água na área, em m.

Tanto  $Dif_{alt}$  como  $C_{cap}$  devem ser obtidos em campo ou inferidos de mapas ou imagens de satélite. Já  $Q_{mlt}$  pode ser medida em campo ou obtida de relatórios e estudos técnicos especializados, como os produzidos por agências de bacias ou outros órgãos públicos responsáveis pela concessão de outorgas.

É importante ressaltar que  $Tca$  não estima o aporte total de turbidez no corpo d'água, mas apenas a parcela que pode ser controlada por serviço ecossistêmico – na prática, por gestão de uso do solo.

## VALORAÇÃO

À medida que a erosão do solo, no contexto do aporte de sedimentos em algum corpo d'água, causa uma perda de qualidade dessa água, o método de valoração nesse caso é o mesmo adotado para o serviço ecossistêmico de regulação da qualidade da água. O método de valoração adotado, portanto, é o do MCR (Anexo 1), que neste caso estima os gastos que seriam necessários para recuperar a qualidade perdida da água na hipótese de ausência ou redução do serviço ecossistêmico de regulação da erosão do solo.

$$\text{Valor da dependência} = Qa_{cap} \times \$T_a + I_{eta}$$

Em que:  $Qa_{cap}$  = Quantidade de água captada, em m<sup>3</sup>;  
 $\$T_a$  = Custo do tratamento da água para remover  $Tc_a$  até o nível aceitável para a empresa, em R\$/m<sup>3</sup>; e  
 $I_{eta}$  = Investimento necessário em estação de tratamento da água, em R\$.

A variável  $Qa_{cap}$  deve ser obtida das medições feitas pela área operacional da empresa. Já  $\$T_a$  e  $I_{eta}$  podem ser obtidas junto à área operacional da empresa ou orçadas no mercado de prestação de serviços de tratamento de água.

Esse método de valoração é válido inclusive para casos em que a empresa compra sua água já tratada, bastando substituir o componente  $\$T_a + I_{eta}$  da fórmula acima pelo preço pago pela água.

## Impacto interno

O impacto interno ocorre quando os negócios da empresa estiverem sujeitos a sofrer perda econômica por processos erosivos intensificados nas áreas onde a empresa atua e dependa, direta ou indiretamente. Nesse sentido, o impacto interno é aqui caracterizado como a consequência econômica, para a empresa, da perda ou redução dos processos ecológicos que controlam processos erosivos e promovem a retenção de solo.

No caso de impacto interno, a quantificação se dará pela diferença entre a situação real de erosão ( $Es_{atual}$ ), que pode ser calculada a partir do Fator de uso do solo (CP) correspondente à prática de manejo do solo real, e a situação de

erosão mínima ( $Es_{min}$ ), indicada pelo Fator de uso do solo (CP) de máxima proteção contra erosão, ou seja, cobertura vegetal nativa original.

## MÉTODO 1 - Perda de nutrientes

### QUANTIFICAÇÃO

A análise deve considerar apenas as áreas cuja fertilidade do solo é relevante para os negócios da empresa. A partir do cálculo da erosão atual ( $Es_{atual}$ ), e da erosão mínima ( $Es_{min}$ ), conforme EUPS, descrita na etapa inicial, calcula-se:

$$\text{Indicador físico: } PN_s = N_s \times (Es_{atual} - Es_{min})$$

Em que:  $Es_{atual}$  = Erosão do solo nas condições atuais (reais) de uso de solo, em t x ha/ano;

### VALORAÇÃO

O método de valoração adotado é o do custo de reposição (MCR) (Anexo 1), que neste caso estima os gastos que seriam necessários para repor os nutrientes perdidos pelos processos erosivos.

$$\text{Valor do impacto interno} = \$N_s \times A_{rec} + \$log$$

Em que:  $A_{rec}$  = Área a ser recuperada, em ha.

## MÉTODO 2 - Turbidez em corpo d'água

### QUANTIFICAÇÃO

A análise deve considerar áreas a montante dos pontos de captação de água da empresa. A quantificação do impacto, também baseada na EUPS, portanto, deve ser feita com duas estimativas da  $Es$ : uma que oferece o nível atual de erosão,  $Es_{atual}$  e outra com os níveis mínimos de erosão do solo,  $Es_{min}$ , isto é, com cobertura vegetal nativa original.

$$\text{Indicador físico: } Tca = (\ln(TAS \times (Es_{atual} - Es_{min})) \times 31,7098 \times At / Q_{mlt}) - 1,57) / 0,1$$

$$\text{Sendo } TAS = 771,8448 \times (Dif_{alt}/C_{cap})^{0,83291}$$

Em que:  $Es_{atual}$  = Erosão do solo na condição de usos do solo atuais nas áreas a montante, em t/ha x ano.

## VALORAÇÃO

À medida que a erosão do solo, no contexto do aporte de sedimentos em algum corpo d'água, causa uma perda de qualidade dessa água, o método de valoração nesse caso é o mesmo adotado para o serviço ecossistêmico de regulação da qualidade da água. O método de valoração adotado é, portanto, o do custo de reposição (Anexo 1), que neste caso estima os gastos que seriam necessários para recuperar a qualidade da água perdida na hipótese de ausência do serviço ecossistêmico de regulação da erosão do solo.

Valor do impacto interno =  $Qa_{cap} \times \$T_a + I_{eta}$

## Externalidade

### MÉTODO 1 - Perda de nutrientes

Como as atividades da empresa ocorrem em terras sob seu controle e a perda de fertilidade por processos erosivos é estritamente local, o impacto afetaria a própria empresa e não terceiros, o que se configura como impacto interno. Deste modo, não se configura externalidade a perda de nutrientes do solo decorrente de atividades da empresa.

### MÉTODO 2 - Turbidez em corpo d'água

A externalidade é aqui caracterizada como a consequência econômica, para usuários de água a jusante, da perda ou redução dos processos ecológicos que promovem a retenção do solo nas áreas onde ocorrem as atividades a empresa.

## QUANTIFICAÇÃO

Enquanto nos casos de dependência e impacto a análise considera áreas a montante dos pontos de captação de água da empresa, no caso de externalidades a análise é focada apenas nas áreas onde ocorrem as atividades da empresa.

A quantificação da externalidade, também baseada na EUPS, deve ser feita com duas estimativas da  $Es$ : uma com os padrões de  $CP$  atuais (reais), relacionados ao nível atual

de erosão,  $Es_{atual}$ , e outra com  $CP$  de máxima proteção contra erosão, ou seja, cobertura vegetal nativa original  $Es_{min}$ .

No caso de  $Es_{min}$  deve ser adotado o fator  $CP$  correspondente à vegetação nativa original da área, livre de manejo.

Indicador físico:  $Tca = (\ln(TAS \times (Es_{atual} - Es_{min})) \times 31,7098 \times At / Q_{mlt}) - 1,57) / 0,1$

Sendo  $TAS = 771,8448 \times (Dif_{alt}/C_{cap})^{0,83291}$

Onde:  $Tca$  = Turbidez no corpo d'água, em UTN;

$TAS$  = Taxa de aporte de sedimentos (percentual);

$Es_{atual}$  = Erosão do solo na condição atual de usos do solo, em t/ha x ano;

$Es_{min}$  = Erosão do solo na condição de solo coberto por vegetação nativa original, em t/ha x ano;

$Q_{mlt}$  = Vazão média de longo termo do curso d'água, em L/s ( $L/s = (m^3/s) \times 1000$ );

$At$  = Área total, em ha;

$Dif_{alt}$  = Diferença entre máxima e mínima altitudes na área, em m;

$C_{cap}$  = Comprimento do principal curso d'água na área, em m.

Tanto  $Dif_{alt}$  como  $C_{cap}$  devem ser obtidos em campo ou inferidos de mapas ou imagens de satélite. A  $Q_{mlt}$  pode ser medida em campo ou obtida de relatórios e estudo técnicos especializados, como os produzidos por agências de bacias ou outros órgãos públicos responsáveis pela concessão de outorgas.

É importante ressaltar que a  $Tca$  não estima o aporte total de sedimentos no corpo d'água, mas apenas a parcela desse aporte que pode ser controlada por serviço ecossistêmico – na prática, por gestão de uso do solo.

## VALORAÇÃO

Na medida em que a erosão do solo, no contexto do aporte de sedimentos em algum corpo d'água, causa uma perda de qualidade dessa água, o método de valoração nesse caso é o mesmo adotado para o serviço ecossistêmico de regulação da qualidade da água. O método de valoração adotado é, portanto, o do custo de reposição (Anexo 1), que neste caso estima os gastos que seriam necessários para recuperar a qualidade da água perdida em função do uso do solo nas áreas relevantes para a empresa.

$$\text{Valor da externalidade} = Qa_{cap} \times \$T_a + I_{eta}$$

Onde:  $Qa_{cap}$  = Quantidade de água, em m<sup>3</sup>;

$\$T_a$  = Custo do tratamento da água para remover  $T_{ca}$  até o nível de qualidade imediatamente a montante das áreas da empresa, em R\$/m<sup>3</sup>; e

$I_{eta}$  = Investimento necessário em estação de tratamento da água, em R\$.

A variável  $Qa_{cap}$  nesse caso refere-se às captações a jusante, por terceiros. Para efeitos práticos, pode-se avaliar apenas a primeira captação a jusante. Já  $\$T_a$  e  $I_{eta}$  podem ser obtidas junto à área operacional da empresa ou orçadas no mercado de prestação de serviços de tratamento de água.

## Considerações finais

Processos erosivos também influenciam outros serviços ecossistêmicos, como navegação<sup>66</sup>, regulação de vazão de cursos d'água<sup>67</sup>, geração de energia hidrelétrica<sup>68</sup> e pesca<sup>69</sup>.

A quantificação de erosão por meio da EUPS pode ser feita com diferentes níveis de precisão, dependendo, principalmente, da representatividade que os valores atribuídos aos parâmetros da EUPS tiverem em relação às condições ambientais reais da área analisada. Dependendo dos recursos disponíveis, é possível tanto utilizar um único valor médio para cada um desses parâmetros, o que provavelmente levaria a uma menor precisão na estimativa; um conjunto de valores médios para um conjunto de condições ambientais distintas na área analisada, o que tende a ser mais preciso; ou abordagens em escalas pontuais, que tendem a ser as mais precisas. Essas abordagens de avaliação pontual com a EUPS podem ser obtidas com modelos hidrológicos baseados em sistemas de informação geográfica (SIG, imagens de satélite e afins) que têm a capacidade de avaliar a EUPS em unidades de área menores (pixels). Um bom exemplo

de modelos desta natureza é o InVEST<sup>70</sup>, software gratuito que realiza essas análises com métodos equivalentes aos aqui apresentados e que, portanto, pode ser adotado em conjunto ou mesmo em substituição às diretrizes apresentadas acima.

Se a opção for por utilizar a EUPS de forma simplificada, apenas nos pontos mais representativos da área/bacia hidrográfica, recomenda-se que sejam selecionados pontos com: (a) maior declividade; (b) maior nível de degradação e exposição de solo; e (c) áreas cujo manejo deixe o solo exposto à chuva frequentemente (culturas agrícolas não perenes, estradas rurais, etc.).

Os cálculos de TAS e  $Tca$  são baseados em equações empíricas, desenvolvidas com dados de campo obtidos de conjuntos de bacias hidrográficas com características diversas. O ideal seria desenvolver tais equações para a bacia estudada. Utilizar equações obtidas em uma determinada bacia em outras bacias significa fazer "transferência de funções", e esse procedimento está sujeito a distorções nas estimativas de TAS e  $Tca$ . Essas distorções serão tão maiores quanto mais diferentes forem as condições ambientais entre as bacias a partir de onde essas equações foram desenvolvidas e a bacia em estudo.

Investimentos na ETA podem ser amortizados de acordo com critérios contábeis tradicionais.

66 Assoreamento de canais de navegação e consequente redução do calado ou profundidade da coluna de água, o que limita o acesso de embarcações de maior porte.

67 Assoreamento de rios, com consequente redução de vazão e do armazenamento de água, resultando em maior risco de enchentes na época de chuvas e de falta de água na época seca.

68 Assoreamento e consequente diminuição da capacidade de armazenamento de reservatórios de usinas hidrelétricas, reduzindo a vida útil dos reservatórios e o potencial hidrelétrico da usina.

69 Aumento da turbidez da água altera as condições ambientais do corpo d'água e pode levar a reduções ou mesmo perda dos estoques pesqueiros locais.

70 InVEST: Integrated Valuation of Ecosystem Services and Trade-offs. The Natural Capital Project: [www.naturalcapitalproject.org/InVEST.html](http://www.naturalcapitalproject.org/InVEST.html)

### Quadro 12 - Exemplo de regulação da erosão do solo

Uma empresa administra uma área de 100 ha dentro de uma bacia hidrográfica de 6.000 ha. Desse total, 1.100 ha estão a montante da área da empresa: 800 ha de pastagens degradadas (*pd*), que tiveram de ser subdivididas em duas subclasses em função de possuírem diferentes comprimentos de rampa *LS* (*pd1* 200 ha e *pd2* 600 ha), 100 ha de pastagens conservadas (*pc*), 150 ha de remanescentes florestais conservados (*fc*) e outros 50 ha de áreas urbanizadas (*au*).

A área da empresa está subdividida da seguinte forma: em 70 ha a empresa explora gado de corte, sendo que metade dessa área está com a pastagem degradada e a outra metade está coberta com pastagem conservada; 20 ha da área estão conservados como Reserva Legal e Área de Preservação Permanente; e nos outros 10 ha existe uma planta de processamento de carne, bem como outras instalações administrativas. Processos erosivos comprometem a fertilidade das pastagens ao mesmo tempo que degradam a qualidade da água que a empresa capta para processar a carne – a empresa precisa de 150.000 m<sup>3</sup>/ano de água potável para esses processos industriais.

O fator de erosividade da chuva *R*, nesse caso, é o mesmo em toda a bacia hidrográfica: 4.865 MJ x mm /ha x h x ano. Em relação à erodibilidade, foram identificados dois tipos principais de solo com fatores *K* de 0,047 e 0,057 t x h/MJ x mm. Os fatores de comprimentos de rampa *LS* variaram da seguinte forma: *au* = 7,47; *pc* = 11,56; *pd1* = 12,27; *pd2* = 15,33 e *fc* = 15,33.

O fator de uso e manejo de solo *CP* para solo exposto e cobertura vegetal nativa, pastagem degradada e pastagem conservada são 1 e 0,01, 0,25 e 0,12, respectivamente.

Detalhes dos cálculos são apresentados no Apêndice 3.

#### DEPENDÊNCIA

##### Quantificação

Indicador físico – Perda de nutrientes do solo

$N_s$  para nitrogênio = 0,01 t/ha;  $N_s$  para fósforo = 0,005 t/ha;

$$Es_{max} = (92.513,81 + 98.195,89) / (35 + 35) = 2.724,42 \text{ t/ha x ano}$$

$$Es_{min} = (925,14 + 981,96) / (35 + 35) = 27,24 \text{ t/ha x ano}$$

$$PN_s \text{ nitrogênio} = 0,01 \times (2.724,42 - 27,24) = 26,97 \text{ t/ha x ano}$$

$$PN_s \text{ fósforo} = 0,005 \times (2.724,42 - 27,24) = 13,49 \text{ t/ha x ano}$$

#### Indicador físico – Turbidez no corpo d'água

$$Es_{max} = (103.573,42 + 264.325,18 + 561.119,37 + 2.103.168,69 + 525.792,17) /$$

$$(50 + 100 + 200 + 600 + 150) = 3.234,53 \text{ t/ha x ano}$$

$$Es_{min} = (1.035,73 + 2.643,25 + 5.611,19 + 21.031,69 + 5.257,92) /$$

$$(50 + 100 + 200 + 600 + 150) = 32,35 \text{ t/ha x ano}$$

O comprimento do principal corpo d'água na bacia hidrográfica foi medido em 40 km, enquanto as altitudes máxima e mínima são 1.000 m e 200 m, respectivamente. A vazão média no ano é estimada em 5 m<sup>3</sup>/s (5.000 l/s).

$$TAS = 771,8448 \times (Dif_{alt}/C_{cap})^{0,83291} = 771,8448 \times (800/40.000)^{0,83291} = 29,68\%$$

$$Tca = (\ln(TAS \times (Es_{max} - Es_{min})) \times 31,7098 \times At / Q_{mlt}) - 1,57) / 0,1 =$$

$$= (\ln(0,2968 \times (3.234,53 - 32,35) \times 31,7098 \times 1.100 / 5000) - 1,57) / 0,1 = 72,29 \text{ UTN}$$

#### Valor da dependência – Perda de nutrientes do solo

A reposição de nitrogênio e fósforo foi feita neste caso com um único fertilizante ao custo de R\$ 150,00/ha, com custos de logística estimados em R\$ 24.500,00.

$$\text{Valor da dependência} = \$N_s \times A_t + \$log = R\$ 150,00 \times 70 + R\$ 24.500,00 = R\$ 35.000,00$$

Valor da dependência – Turbidez do corpo d'água

Os custos variáveis de tratamento da água, necessários para reduzir a turbidez a menos de 40 UTN, foram estimados em R\$ 0,035/m<sup>3</sup>. A empresa já possui uma ETA, e seus custos fixos anuais de operação são R\$ 100.000,00.

$$\text{Valor da dependência} = Qa_{cap} \times \$T_a + I_{eta} = 150.000 \times 0,035 + 100.000 = \text{R\$ } 105.250,00$$

## IMPACTO INTERNO

### Quantificação

*Indicador físico – Perda de nutrientes do solo:*

$$Es_{atual} = (11.101,66 + 24.548,97) / (35 + 35) = 509,29 \text{ t/ha x ano}$$

$$Es_{min} = (925,14 + 981,96) / (35 + 35) = 27,24 \text{ t/ha x ano}$$

$$PN_s \text{ nitrogênio} = 0,01 \times (509,24 - 27,24) = 4,82 \text{ t/ha x ano}$$

$$PN_s \text{ fósforo} = 0,005 \times (509,24 - 27,24) = 2,41 \text{ t/ha x ano}$$

*Indicador físico – Turbidez no corpo d'água:*

$$Es_{atual} = (103.573,42 + 31.719,02 + 140.279,84 + 525.792,17 + 5.257,91) / (50 + 100 + 200 + 600 + 150) = 733,29 \text{ t/ha x ano}$$

$$Es_{min} = (1.035,73 + 2.643,25 + 5.611,19 + 21.031,69 + 5.257,92) / (50 + 100 + 200 + 600 + 150) = 32,35 \text{ t/ha x ano}$$

$$Tca = (\ln (TAS \times (Es_{atual} - Es_{min}) \times 31,7098) \times At / Q_{mlt}) - 1,57) / 0,1$$

$$= (\ln (0,2968 \times (733,29 - 32,35) \times 31,7098 \times 1.100 / 5.000) - 1,57) / 0,1 = 57,10 \text{ UTN}$$

*Valor do impacto interno – Perda de nutrientes do solo*

A reposição de nitrogênio e fósforo foi feita com um único fertilizante, ao custo de R\$ 120,00/ha, com custos de logística estimados em R\$ 24.500,00.

$$\text{Valor do impacto} = \$N_s \times A_{rec} + \$log = \text{R\$ } 120,00 \times 70 + \text{R\$ } 24.500,00 = \text{R\$ } 32.900,00$$

*Valor do impacto interno – Turbidez do corpo d'água*

Os custos variáveis de tratamento da água, necessários para reduzir a turbidez a menos de 40 UTN, foram estimados em R\$0,0325/m<sup>3</sup>.

$$\text{Valor do impacto} = Qa_{cap} \times \$T_a + I_{eta} = 150.000 \times 0,0325 + 100.000 = \text{R\$ } 104.875,00$$

## EXTERNALIDADES

### Quantificação

*Indicador físico – Turbidez no corpo d'água:*

$$Es_{atual} = (20.714,68 + 11.101,66 + 24.548,97 + 0 + 701,06) / (10 + 35 + 35 + 0 + 20) = 570,66 \text{ t/ha x ano}$$

$$Es_{min} = (207,15 + 925,14 + 981,96 + 0 + 701,06) / (10 + 35 + 35 + 0 + 20) = 28,15 \text{ t/ha x ano}$$

$$Tca = (\ln (TAS \times (Es_{atual} - Es_{min}) \times 31,7098) \times At / Q_{mlt}) - 1,57) / 0,1 =$$

$$= (\ln (0,2968 \times (570,66 - 28,15) \times 31,7098 \times 100 \times 5000) - 1,57) / 0,1 = 30,56 \text{ UTN}$$

*Valor da externalidade – Turbidez do corpo d'água*

Como o nível de turbidez está dentro do aceitável, de acordo com o padrão utilizado, não há custos de reposição da qualidade da água.

$$\text{Valor da externalidade} = Qa_{cap} \times \$T_a + I_{eta} = Qa_{cap} \times 0 + 0 = \text{R\$ } 0,00$$

Este exemplo é fictício, criado para fins didáticos, e os valores utilizados e não indicados no texto do guia foram estimados a partir de documentos técnicos disponíveis na internet.

## Recreação e turismo

As características de paisagem despertam interesses nas pessoas na forma de oportunidades de lazer, recreação e turismo. Essas características dizem respeito a beleza cênica, atividades como caminhada, ecoturismo e observação da natureza, e corpos d'água que sejam aproveitados para banho, práticas náuticas, atividades pesqueiras e outras relacionadas à água.

Muitas vezes, as oportunidades de lazer e ecoturismo estão em locais de propriedade ou controle operacional da empresa, como reservatórios de hidrelétricas e seu entorno, e áreas de exploração madeireira ou mineral, e pode haver demanda da comunidade local ou outras partes interessadas por visitar atrativos dessas áreas, tais como cachoeiras, trilhas, pesca. A visitação à área, por sua vez, pode contribuir para a economia local, gerando empregos e demanda por infraestrutura e serviços relacionados a essas visitas.

No contexto destas diretrizes, as análises de quantificação e valoração econômica deste serviço ecossistêmico são direcionadas a impactos internos e a externalidades. Assume-se que apenas será caracterizada dependência se a empresa foco da análise tiver a exploração econômica de serviços de recreação e turismo em sua missão.

## Impacto interno

Impactos para a empresa nesse contexto resumem-se ao sacrifício econômico que a empresa faz ao conservar a área em sua configuração natural (indicador físico 1) e aos ganhos auferidos na exploração de recreação, lazer e turismo (indicador físico 2). Os ganhos são normalmente obtidos por meio de cobrança de taxas de ingresso, licenças de visitação ou mesmo pela venda de produtos ou serviços dentro da área de visitação, enquanto o sacrifício está relacionado ao uso econômico alternativo que seria feito dessa área se ela não fosse conservada.

### QUANTIFICAÇÃO

Indicador físico 1 (sacrifício na conservação da área):

$$Aae_{alt} = A_t - Ai_{ae}$$

Em que:  $Aae_{alt}$  = Área passível de exploração econômica alternativa, em ha;

$A_t$  = Área total conservada pela empresa e aberta para visitação, em ha; e

$Ai_{ae}$  = Parcela da área conservada pela empresa indisponível para uso econômico alternativo, em ha.

No cômputo de  $Ai_{ae}$  devem ser consideradas Áreas de Preservação Permanente (APP) e outras áreas cujas características inviabilizem sua exploração no contexto das atividades econômicas que são atualmente desenvolvidas na região.

Indicador físico 2 (atratividade da área):  $Nv/P$

Em que:  $Nv$  = Número de visitantes que a área recebe;  
 $P$  = Período considerado na contabilização de visitantes.

O número de visitantes pode ser obtido por controle realizado pela empresa nos pontos de acesso à área. No caso de a área não possuir um sistema de registro de entradas, a empresa pode, em uma última instância, recorrer a uma organização local para fazer o monitoramento das visitas. O período considerado na avaliação da visitação normalmente é de um ano.

### VALORAÇÃO

São adotados dois métodos de valoração econômica neste caso. Com o método de custo de oportunidade (MCO) (Anexo 4) é avaliado o sacrifício econômico feito pela empresa na conservação da área; e com o método de custo de viagem (MCV) (Anexo 6), são avaliados os gastos incorridos pelos visitantes diretamente na área visitada. Como no primeiro caso trata-se de um custo econômico que não implica movimentação de caixa para a empresa, enquanto no segundo caso o valor obtido é uma receita financeira real (apropriada pela empresa), esses valores são apresentados em separado para que possam ser avaliados de forma independente.

$$\text{Valor do impacto interno (custo econômico)} = - (Aae_{alt} \times \$Rae_{alt})$$

$$\text{Valor do impacto interno (receita financeira)}^{71} = Nv/P \times \$I + \$RDv$$

71. Considerar apenas visitantes pagantes na estimativa de  $Nv$ .

Em que:  $\$Rae_{alt}$  = Receitas da atividade econômica alternativa, em R\$/ha;

$\$I$  = Taxa de ingresso ou similares; e

$\$RDv$  = Receitas diversas decorrentes da exploração do turismo.

Na determinação de  $\$Rae_{alt}$ , deve ser considerado o uso econômico alternativo que a própria empresa poderia fazer da área. Se a empresa não tiver alternativa própria de uso econômico da área, pode-se adotar a atividade econômica local que, a critério da empresa ou de alguma autoridade ou especialista por ela consultada, tenha maior probabilidade de ocupar essa área na ausência das ações de conservação patrocinadas pela empresa.

Apenas a parcela internalizada dos custos e despesas com visitação está sendo considerada. O cálculo de  $\$I$  deve incluir todo tipo de taxa de ingresso, sejam referentes a ingresso para um dia de visitação ou taxas anuais cobradas na forma de licença de uso/visitação.

O cálculo de  $\$RDv$  deve considerar todas as receitas adicionais com exploração de serviços e vendas de produtos aos visitantes.

## Externalidades

As externalidades, neste caso, correspondem à parcela dos benefícios das oportunidades de recreação e turismo que não foi internalizada pela empresa. A análise indicada a seguir se restringe à atratividade da área e não considera outros impactos na economia local ou regional.

Entretanto, se for possível obter estimativas de outras perdas ou ganhos econômicos decorrentes da exploração de recreação, lazer e turismo na área da empresa, esses valores devem ser incluídos no cômputo final do valor da externalidade.

### QUANTIFICAÇÃO

Indicador físico 2 (atratividade da área):  $Nv/P$

Em que:  $Nv$  = Número de visitantes que a área recebe;

$P$  = Período considerado na contabilização de visitantes.

O número de visitantes pode ser obtido por controle rea-

lizado pela empresa nos pontos de acesso à área. No caso de a área não possuir um sistema de registro de entradas, a empresa pode, em uma última instância, recorrer a uma organização local para fazer o monitoramento das visitas (uma parceria, por exemplo). O período considerado na avaliação da visitação normalmente é de um ano.

### VALORAÇÃO

São adotados dois métodos de valoração econômica neste caso. Com o método de custo de viagem (MCV) (Anexo 6), são avaliados os gastos incorridos pelos visitantes diretamente na área visitada; e com o método de custo de oportunidade (MCO) (Anexo 4) é avaliado o sacrifício econômico feito pelo visitante para usufruir da área, ou seja: quanto ele teria recebido, se estivesse trabalhando, ou gastado se tivesse optado por outra oportunidade de lazer, recreação ou turismo.

Valor da externalidade =  $Nv (\$cd + \$cae + \$COt) + \$OCBi$

Onde:  $\$cd$  = Custos Médios de Deslocamento Individual para uma área visitada; em R\$

$\$cae$  = Custos Médios Individuais com alimentação e estadia durante a viagem, em R\$

$\$COt$  = Custo Médio Individual de Oportunidade do Tempo, em R\$

$\$OCBi$  = Valores apurados para outros custos ou benefícios indiretos decorrentes da exploração de lazer, recreação e turismo na área estudada, em R\$

O cálculo de  $\$cd$  inclui custos com combustível consumido na viagem de ida e volta, despesas com pedágios, etc. Se o visitante tiver se deslocado por avião ou transporte público, deve-se considerar o custo da passagem e o custo de deslocamento do ponto final (descida) desse meio de transporte até a área visitada. No caso em que o deslocamento atendeu múltiplos destinos, será necessário descontar a parcela desses gastos que não se referem à visita à área foco da análise. Para tanto, se não for possível obter a informação de valor específico para a área de interesse diretamente do visitante, basta obter dele as informações sobre itinerário e gastos adicionais e estimar o desconto posteriormente.

No cálculo de  $\$cae$  devem ser considerados gastos diretamente relacionados a visita à área avaliada, mas não devem ser incluídos gastos incorridos dentro dessa área, pois

esses são computados como impactos internalizados pela empresa que controla a área (\$RDV).

Estimativas de \$COT tradicionalmente são obtidas na forma de renda sacrificada pelo tempo de recreação/lazer/turismo que poderia ter sido utilizado para trabalho<sup>72</sup>, tendo como referência de renda os ganhos profissionais da pessoa. O \$COT também pode ser obtido pelos custos associados à alternativa de recreação/lazer/turismo que a pessoa escolheria na ausência da área avaliada. Qualquer que seja a opção escolhida, provavelmente a melhor forma de obter a estimativa de \$COT é perguntar diretamente aos visitantes por meio de entrevista/questionário.

É importante esclarecer que, quando a estimativa de \$COT for baseada na alternativa de recreação/lazer/turismo, \$cd + \$cae deverão se referir a essa alternativa e não à área da empresa que está sendo avaliada. Quando a estimativa de \$COT se referir apenas ao tempo de trabalho sacrificado, \$cd + \$cae deverão se referir à área da empresa foco da análise.

Estimativas de \$OCBi normalmente dizem respeito a benefícios na forma de venda adicional de produtos e serviços associados indiretamente à visita da área (em \$cae só são considerados gastos diretamente relacionados à visita). Também podem ocorrer na forma de custos relacionados a danos indiretos das atividades de recreação, lazer e turismo, tais como degradação de áreas do entorno da área visitada em função de maior fluxo de veículos e acúmulo de lixo. Sejam benefícios ou custos, valores de \$OCBi só devem ser incluídos na estimativa total da externalidade se puderem ser relacionados às atividades de recreação, lazer e turismo na área avaliada sem dúvida razoável sobre essa relação.

## Considerações finais

Da maneira como foi definido, este serviço ecossistêmico não contempla o valor associado à beleza cênica quando apropriado de forma passiva, ou seja, sem gerar atividade econômica. Por exemplo, não é possível captar o valor as-

sociado ao bem-estar gerado pela contemplação da paisagem quando feita de dentro de casa, pela janela, quando a pessoa mora próxima à área de visitação (não há deslocamento nem compra de produtos ou serviços destinados especificamente a viabilizar essa contemplação).

Outros valores de natureza cultural e não monetizáveis podem ser também importantes para a empresa. Para acessar a dimensão desses valores, recomenda-se a consulta a outro guia, a Desec<sup>73</sup>.

Quando a área de interesse para recreação e lazer está rodeada de propriedades privadas livremente negociadas em mercado, o benefício econômico desse serviço ecossistêmico pode se expressar na forma de preços mais altos para as propriedades mais próximas dessa área. Nessas condições, seria possível aproximar o valor econômico associado a tais oportunidades de recreação e lazer por meio da soma dos valores de mercado adicionais que as propriedades com características equivalentes têm em função de sua proximidade da área utilizada para recreação e lazer. O método adequado para extrair essa estimativa de valor é chamado preços hedônicos (Anexo 7). Havendo dados consistentes disponíveis, a valoração por preços hedônicos pode ser uma alternativa viável à aplicação dos métodos de custo de viagem e custo de oportunidade indicados inicialmente.

Estimativas de \$OCBi às vezes podem ser obtidas de indicadores socioeconômicos mais amplos, como PIB local ou regional, mas será necessário tratar esses dados para extrair apenas o que se refere à área avaliada.

No caso de uma valoração retrospectiva, o valor total de custo de viagem de todos os visitantes em um período de um ano é dado pela somatória dos custos de todas as viagens ocorridas no ano considerado na análise.

Caso haja interesse em empreender uma valoração prospectiva e estimar demandas ou receitas futuras para avaliação de projetos, será necessário ajustar um modelo para estimar a curva de demanda por visitas a partir de uma função de geração de viagens (Anexo 6).

72 Mesmo se a pessoa estiver formalmente de férias, mas tiver a opção de trabalhar em qualquer atividade remunerada, poderá utilizar o valor-hora dessa atividade remunerada como \$COT. Se não houver a possibilidade de exercer trabalho remunerado no tempo utilizado para a visita à área de lazer, o valor da remuneração não pode ser utilizado como \$COT.

73 Desec: Diretrizes Empresariais para a Valoração Não Econômica de Serviços Ecossistêmicos Culturais: <http://tendenciasemse.com.br/desec-1-0?locale=pt-br>

## Quadro 13 - Exemplo de recreação e turismo

Em 1999, a empresa Suzano Papel e Celulose, por meio do Instituto Ecofuturo, escolheu uma antiga fazenda de produção de eucaliptos de sua propriedade para criar um parque de 2.800 ha, reconhecido como Posto Avançado da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, dentro do Programa Homem e Biosfera da Unesco. Com programas focados em educação ambiental, ecoturismo, manejo sustentável de recursos naturais, cultivo de espécies ameaçadas e pesquisas científicas, o Parque das Neblinas recebeu mais de 25.000 visitantes desde sua criação. No ano de 2012, o Parque recebeu 3.265 visitantes.

## IMPACTO INTERNO

A principal e tradicional atividade econômica na região é a pecuária leiteira de baixa produtividade, com renda média de R\$ 2.000,00/ha. Do total da área do Parque, cerca de 400 ha são APPs.

A taxa de ingresso média do Parque é de R\$ 35,00. Outras atividades da exploração do turismo (restaurante, canoagem, vivências, expedições científicas e oficinas) contribuíram com um valor total de R\$ 46.363,00 no ano.

## Quantificação

Sacrifício na conservação da área:  $Aae_{alt} = A_t - Ai_{ae} = 2.800 - 400 = 2.400$  ha

Atratividade de área:  $Nv/P = 3.265/1 = 3.265$  visitantes/ano

Valor do impacto interno (receita financeira)

$Nv/P \times \$I + \$RDv = (3.265/1 \times 35,00) + 46.363,00 = R\$ 160.638,00$

Valor do impacto interno (custo econômico)

$-(Aae_{alt} \times \$Rae_{alt}) = -(2.400 \times 2.000,00) = -R\$4.800.000,00$

## EXTERNALIDADE

Segundo levantamento do Instituto Ecofuturo, 19% dos visitantes são provenientes da cidade de São Paulo (115 km de distância), enquanto os outros 81% são provenientes da região do entorno do parque (raio de 40 km). Quem vem de São Paulo precisa arcar com pedágio, cujo custo é de R\$ 5,40 por veículo (ida e volta). O tempo de permanência no parque é de um dia e não foram identificados gastos com alimentação ou hospedagem fora daqueles cobrados diretamente pelo Parque.

Em relação ao meio de transporte, foi levantada uma média de 3,25 passageiros por veículo. O custo do deslocamento foi estimado em R\$ 0,80/km.

## Quantificação

$Nv/P$  São Paulo =  $3.265 \times 19\% = 620$  visitantes/ano

$Nv/P$  Região do Parque =  $3.265 \times 81\% = 2.645$  visitantes/ano

Considerando que o único meio de transporte para acesso ao parque é o carro e que a média de ocupantes por carro é de 3,25 pessoas, o custo do pedágio e o custo do deslocamento por visitante são, respectivamente,  $R\$ 5,40/3,25 = R\$ 1,66$  e  $R\$ 0,80/3,25 = R\$ 0,25$ . Neste caso não foi estimado custo de oportunidade do tempo do visitante, pois não havia dados a esse respeito. Também não foram identificados outros custos ou benefícios indiretos associados ao parque.

## Valor da externalidade

Visitantes de São Paulo  $Nv$  ( $\$cd + \$cae + \$Cot$ ) +  $\$OCBi = 620/1 \times ([1,66 + 0,25 \times 115 \times 2] + 0 + 0) + 0 = R\$ 36.679,20$

Visitantes da região do entorno do parque =  $Nv/P \times (\$cd_i + \$cae_i) = 2.645/1 \times ([0,25 \times 40 \times 2] + 0) = R\$ 52.900,00$

Valor total das externalidades =  $R\$ 36.679,20 + R\$ 52.900,00 = R\$ 89.579,20$

Este exemplo foi construído com fins didáticos e utiliza dados cedidos pelo Instituto Ecofuturo em 2014.

# Incorporando valores econômicos associados a serviços ecossistêmicos nas decisões de negócios

Estimados os valores econômicos associados a dependências, impactos internos e externalidades da empresa relacionados aos serviços ecossistêmicos materiais para os negócios, chega o momento de inserir essas estimativas nos processos de tomada de decisões estratégicas, táticas ou operacionais da empresa.

Uma das maneiras de fazer isso é incorporar tais estimativas diretamente nos processos e ferramentas que as empresas já utilizam no apoio à tomada de decisões de negócios.

## Monitoramento de desempenho e relato corporativo

Estimativas de valor econômico de serviços ecossistêmicos podem ser utilizadas como indicadores de desempenho (KPI – *key performance indicator*) e na comunicação com públicos de interesse por meio do relato destes indicadores.

O monitoramento de indicadores de desempenho é uma das ferramentas de apoio à tomada de decisão mais difundidas no meio corporativo. Basicamente, são estabelecidas metas e prazos para esses indicadores, e as decisões de gestão se orientam por essas referências. Qualquer indicador relacionado a serviços ecossistêmicos, tanto biofísico como monetário, esteja ele representando dependência, impacto ou externalidade, pode ser adotado para acompanhamento de desempenho. Para que seja adicionado ao conjunto de indicadores já utilizados pela empresa para esses fins, deve ser um indicador viável de ser monitorado e passível de estabelecer metas e prazos realistas. Muitos indicadores relacionados a serviços ecossistêmicos já são rotineiramente monitorados

por empresas, como uso de água e emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE).

Recentemente, indicadores de valor econômico de serviços ecossistêmicos têm sido utilizados na estimação de lucros e perdas ambientais (em inglês conhecidos como *Environmental Profits and Losses – EP&L*). Nesses casos, valores monetários estimados para serviços ecossistêmicos são apresentados voluntariamente e de forma adicional às demonstrações financeiras de resultado do exercício fiscal, o que ajuda a avaliar a dimensão da importância do capital natural para os negócios da empresa.

Outro uso importante dos indicadores é a comunicação com públicos de interesse externos, em especial investidores e clientes. A principal ferramenta nesse caso é o relato corporativo, que pode ser feito por canais internos, como o relatório de sustentabilidade da empresa, ou externos, como o Programa Brasileiro GHG Protocol.

## Análises de viabilidade de projetos e políticas corporativas

Valores econômicos associados a serviços ecossistêmicos também podem ser inseridos na avaliação de projetos e políticas corporativas por meio de ferramentas de análise econômico-financeira tradicionais. Ressalta-se que, por serem análises financeiras, essas análises só admitem valores econômicos de serviços ecossistêmicos que tenham sido monetizados.

Por simplicidade, a discussão será feita sob a lógica de projetos, mas fica aqui enfatizado que essas análises também

podem ser empregadas na avaliação de políticas corporativas ou planos de ação ou de negócios.

As análises podem ser i) retrospectivas, quando o projeto está em andamento ou já foi concluído, e os fluxos financeiros são reais, medidos ou estimados; ou ii) prospectiva, quando o projeto, ou sua próxima fase, ainda não ocorreram e os fluxos financeiros são potenciais e precisam ser estimados. Resultados obtidos com uma análise prospectiva poderão indicar a necessidade de ajustes ou mesmo de rejeição do projeto, prevenindo assim perdas econômicas com ele.

Para essas análises, será necessário fazer a atualização financeira de valores futuros para valores presentes e, para tanto, será necessário selecionar uma taxa de desconto<sup>74</sup> (veja capítulo *Planejamento do estudo*, seção sobre *Horizonte temporal*).

As exceções sobre a necessidade de desconto dizem respeito a casos em que o horizonte temporal da análise se limita a um ano, ou casos em que se optou por uma taxa de desconto = 0%, o que equivale a não atualizar os valores futuros a valores presentes. Para maiores detalhes sobre a atualização de valores monetários, consulte Gitman (2010).

Para análises realizadas com estimativas de valores nominais (que embutem a inflação), as projeções de valores em tempo futuro devem ser ajustadas pela expectativa de inflação futura. No caso de estimativas em valores reais (não embutem inflação), isso não é necessário. Os preços correntes observados no dia a dia das pessoas são preços nominais, já que são frequentemente ajustados pela inflação corrente.

Particularmente no caso de estimativas de valores globais, como o Custo Social do Carbono (CSC), não é o caso de corrigi-los pela expectativa de inflação brasileira. O CSC em particular deve ser corrigido pela taxa fixa anual de 3,00% a.a. (Anexo 5).

Cinco ferramentas de análise econômico-financeira de projetos são exploradas a seguir:

## 1) Rentabilidade do projeto – ROI

A rentabilidade do projeto pode ser estimada pelo indicador de Retorno sobre Investimento – ROI (*Return on Investment*). O ROI é um indicador tradicional da administração financeira corporativa, portanto costuma ser acessível à alta administração da empresa. O ROI pode ser aplicado sobre os demonstrativos financeiros anuais das empresas, quando o retorno não precisa ser atualizado a valor presente; e pode ser aplicado para a avaliação de projetos plurianuais, quando essa atualização será necessária.

O ROI pode ser estimado da seguinte maneira (Gitman, 2010):

$$\text{ROI} = \text{lucro} / \text{investimento};$$

$$\text{ROI} = (\text{benefícios} - \text{custos e despesas gerais}) / \text{investimento}$$

O lucro será o resultado financeiro do projeto, e equivale a benefícios descontados de custos e despesas gerais (incluindo o investimento inicial). O investimento é dado pelo investimento inicial adicionado de todos os custos e despesas necessários para a realização do projeto. Os valores monetários estimados para os serviços ecossistêmicos materiais serão inseridos em algum dos componentes dessas fórmulas, como benefícios ou custos.

Os fluxos financeiros, sejam lucro, benefícios, custos ou despesas precisam ser atualizados a valor presente. O investimento inicial normalmente já está em valor presente; mas, se não estiver, também precisará ser atualizado.

Esse indicador pode ser analisado de três formas:

1. Se o ROI for positivo, o projeto dará retorno financeiro no período considerado; e, se for negativo, o projeto não trará retorno financeiro neste mesmo intervalo de tempo.
2. Comparando o ROI de projetos alternativos, sendo que o projeto de maior ROI trará maior retorno financeiro.
3. Comparando o ROI estimado com o ROI desejado pela empresa (referência). Se o ROI estimado for maior ou igual ao ROI desejado, o projeto é considerado bom do ponto de vista de retorno financeiro.

Para destacar a importância dos valores do capital natural, pode-se calcular o ROI com as estimativas de valor econômico dos serviços ecossistêmicos e sem esses valores, e

<sup>74</sup> Em caso de análise retrospectiva, a taxa na verdade será utilizada para atualizar fluxos pretéritos para valor presente, o que significa capitalizar esses fluxos e não os descontar. A taxa, entretanto, poderá ser a mesma, a critério do analista.

comparar os resultados obtidos. Ainda, é importante ressaltar que a inserção de valores de externalidades no cálculo do ROI significa uma ampliação de seu escopo, pois incorpora valores, positivos ou negativos, que não são apropriados pela empresa.

## 2) Tempo para recuperar o investimento no projeto - *Payback*

O tempo necessário para recuperar o investimento em um projeto é chamado de Período de *Payback*. O *Payback* também é um indicador tradicional da administração financeira corporativa e é estimado da seguinte forma (Gitman, 2010):

*Payback* = número de parcelas de retorno líquido periódico estimado, tal que:

Retorno líquido periódico acumulado = Investimento inicial

O período tradicionalmente é quantificado em anos, mas pode ser mensal, trimestral, etc. O primeiro passo é calcular o retorno líquido por período, em que são descontados dos retornos brutos obtidos em um dado período os gastos com o projeto (manutenção, etc.) em seus respectivos períodos. Os retornos financeiros periódicos estimados devem ser atualizados para o mesmo ano do investimento inicial. Quando comparados com o investimento inicial, tem-se o período de *payback*, isto é, em quanto tempo o retorno líquido do projeto compensa o investimento feito inicialmente.

Esse indicador pode ser analisado de duas formas:

1. Comparando o *Payback* de projetos alternativos, sendo que projeto de menor *Payback* é o mais vantajoso do ponto de vista de tempo para recuperar o investimento inicial.
2. Comparando o *Payback* estimado para o projeto com um *Payback* desejado pela empresa (referência). Se o *Payback* estimado for menor ou igual ao *Payback* desejado, o retorno do projeto compensa o investimento em tempo desejado; do contrário, o retorno é mais demorado.

Quando os fluxos de retorno não são atualizados a valor presente (o que equivale a atualizá-los com uma taxa de desconto de 0%), esse indicador é chamado de *Payback* simples. Quando atualizados para o mesmo período do investimento inicial, esse indicador passa a ser chamado de *Payback* descontado.

Para inserir os valores econômicos estimados para os serviços ecossistêmicos, basta adicioná-los (se negativos, subtraí-los), aos valores de retorno líquido por período. Para destacar a importância dos valores relacionados ao capital natural, pode-se calcular o *Payback* com as estimativas de valor econômico dos serviços ecossistêmicos e sem esses valores, e comparar os resultados obtidos.

É importante ressaltar que a inserção de valores de externalidades no cálculo do *Payback* significa uma ampliação de seu escopo, pois incorpora valores, positivos ou negativos, que não são apropriados pela empresa.

#### Quadro 14. Exemplo hipotético: ROI e Payback

Uma empresa de laticínios adota em suas fazendas o método tradicional de pastejo extensivo, e seus remanescentes de florestas nativas se resumem atualmente às Áreas de Preservação Permanente e Reservas Legais. A empresa utiliza lenha como biomassa combustível para suas caldeiras, obtida de manejo sustentável das reservas florestais de suas fazendas.

A demanda pelos produtos da empresa vem aumentando, e isso trouxe uma preocupação: a produção de lenha não poderia crescer no nível necessário para atender à previsão de demanda futura por laticínios. A empresa então pesquisou alternativas para lidar com esse problema e chegou a três potenciais projetos:

**A) Eficiência energética:** Redesenho e adaptação dos processos produtivos para que demandem menos energia. O investimento inicial consiste em consultorias para diagnóstico e proposição de soluções de eficiência energética, e os custos de substituição de equipamentos. O projeto tem ainda custos de treinamento. Seus benefícios são estimados pelo valor da receita adicional com laticínios que poderão ser produzidos com a energia economizada, e pelo custo evitado das mudanças do clima pela redução de emissões de gases de efeito estufa.

**B) Aquisição de lenha:** Compra de lenha para suprir o crescimento da demanda por energia. O investimento inicial consiste na construção de um galpão para estocar lenha e prevenir desabastecimento caso haja problemas de fornecimento. O projeto tem ainda custos de aquisição, transporte e estocagem de lenha. Seus benefícios se resumem à receita adicional com laticínios, como no caso do projeto de eficiência energética.

**C) Aumento da produção de lenha por adoção de sistema silvopastoril:** Substituição do modelo atual de pastagens por um sistema silvopastoril, no qual a maior produtividade do gado compensa a redução de área de pastagem para aumento da área florestal. O investimento inicial consiste no plantio de espécies florestais diversas, com dominância de espécies de crescimento rápido para produção de lenha. O projeto ainda tem custos de manutenção dos plantios. Seus benefícios consistem em receitas adicionais com laticínios, como nos casos dos pro-

jetos anteriores, custos evitados com as mudanças do clima, e também custos evitados com pragas da pastagem e parasitas do gado, em função da recuperação do serviço ecossistêmico de controle biológico de pragas propiciada pelo crescimento da base florestal.

Os projetos foram avaliados a partir dos indicadores ROI e *Payback* descontado. A Tabela 5 apresenta os resultados dessas avaliações, e a Tabela 6 detalha os fluxos econômico-financeiros dos projetos, em valores reais. Os valores futuros foram atualizados por uma taxa WACC<sup>75</sup> = 10% a.a., a não ser os valores relacionados às mudanças do clima, atualizados por uma taxa de desconto social de 3% a.a. O horizonte temporal das análises foi fixado em 10 anos.

Os critérios para avaliação dos projetos são ROI ≥ 195%, o que equivale ao retorno em 10 anos da taxa livre de risco de 7% a.a., adotada como referência, e um *Payback* < 5 anos.

Tabela 5 - Resultados das avaliações financeiras dos projetos

PROJETO	ROI (%)	PAYBACK (ANOS)
A) Eficiência energética	221	3
B) Aquisição de lenha	201	1,5
C) Produção de lenha – silvopastoril	220	3

Considerando os critérios predefinidos para a avaliação de projetos, os três projetos têm resultados bons. O projeto A oferece o melhor retorno sobre investimento, enquanto o projeto B oferece o menor tempo de recuperação do investimento inicial. O projeto C tem o mesmo *Payback* que o projeto A, mas um ROI um pouco menor. Por outro lado, no projeto C o benefício líquido apropriado pela empresa é maior do que no projeto A quando se analisa o benefício líquido total<sup>76</sup> sem a externalidade positiva, que neste exemplo são os benefi-

75 WACC é a média ponderada de custo de capital. Para mais informações, veja o capítulo de Planejamento do Estudo, sobre Horizonte Temporal.

76 Benefício líquido total = total atualizado dos benefícios – total atualizado dos custos

cios de mitigação das mudanças do clima (veja a Tabela 6). Nesta análise, o benefício líquido apropriado pela empresa do projeto A é R\$ 396.280,00, e do projeto C é R\$ 424.740,00.

A decisão de qual projeto adotar depende dos critérios de avaliação da empresa e da análise conjunta dos diversos indicadores, sejam eles monetários ou não. Neste caso, o ROI indica o projeto A; o menor tempo de retorno do investimento indica o projeto B; ou a maior apropriação de benefícios pela própria empresa indica o projeto C.

**Tabela 6 - Fluxos econômico-financeiros estimados para os projetos A, B e C (R\$ x 1.000).**

**A)**

VALORES ORIGINAIS	HORIZONTE TEMPORAL (ANOS)											TOTAL	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
<b>INVESTIMENTO INICIAL</b>	200												200
<b>CUSTOS</b>													
Treinamento	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
<b>BENEFÍCIOS</b>													
Receita de laticínios	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	1000
Mitigação mudanças do clima	0	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	100
VALORES ATUALIZADOS (ANO 0)	HORIZONTE TEMPORAL (ANOS)											TOTAL	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
<b>INVESTIMENTO INICIAL</b>	200												200
<b>CUSTOS</b>													
Treinamento	0	18,18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18,18
<b>BENEFÍCIOS</b>													
Receita de laticínios	0	90,91	82,64	75,13	68,30	62,09	56,45	51,32	46,65	42,41	38,55	35,00	614,46
Mitigação mudanças do clima	0	9,71	9,43	9,15	8,88	8,63	8,37	8,13	7,89	7,66	7,44	7,22	85,30
<b>Retorno líquido =</b>	-250	82,44	92,07	84,28	77,19	70,72	64,82	59,45	54,54	50,07	46,00	42,22	481,58

## B)

VALORES ORIGINAIS	HORIZONTE TEMPORAL (ANOS)											TOTAL	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
<b>INVESTIMENTO INICIAL</b>	100												100
<b>CUSTOS</b>													
Aquisição de lenha	0	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	120
Transporte e estocagem	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	50
<b>BENEFÍCIOS</b>													
Receita de laticínios	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	1000
Mitigação mudanças do clima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VALORES ATUALIZADOS (ANO 0)	HORIZONTE TEMPORAL (ANOS)											TOTAL	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
<b>INVESTIMENTO INICIAL</b>	100												100
<b>CUSTOS</b>													
Aquisição de lenha	0	10,91	9,92	9,02	8,20	7,45	6,77	6,16	5,60	5,09	4,63		73,73
Transporte e estocagem	0	4,55	4,13	3,76	3,42	3,10	2,82	2,57	2,33	2,12	1,93		30,72
<b>BENEFÍCIOS</b>													
Receita de laticínios	0	90,91	82,64	75,13	68,30	62,09	56,45	51,32	46,65	42,41	38,55		614,46
Mitigação mudanças do clima	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00
Retorno líquido =	-100	75,45	68,60	62,36	56,69	51,54	46,85	42,59	38,72	35,20	32,00		410,00

C)

VALORES ORIGINAIS	HORIZONTE TEMPORAL (ANOS)											TOTAL	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
<b>INVESTIMENTO INICIAL</b>	150												150
<b>CUSTOS</b>													
Manutenção plantios	0	30	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60
Colheita	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	20
<b>BENEFÍCIOS</b>													
Receita de laticínios	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	1000
Controle biológico de pragas	0	0	0	0	2	4	6	6	8	8	10	10	44
Mitigação mudanças do clima	0	1	2	3	4	5	6	7	7	7	7	7	49
VALORES ATUALIZADOS (ANO 0)	HORIZONTE TEMPORAL (ANOS)											TOTAL	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
<b>INVESTIMENTO INICIAL</b>	150												150
<b>CUSTOS</b>													
Manutenção plantios	0	27,27	24,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	52,07
Colheita	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,57	2,33	2,12	1,93	1,93	8,95
<b>BENEFÍCIOS</b>													
Receita de laticínios	0	90,91	82,64	75,13	68,30	62,09	56,45	51,32	46,65	42,41	38,55	38,55	614,46
Controle biológico de pragas	0	0,00	0,00	0,00	1,37	2,48	3,39	3,08	3,73	3,39	3,86	3,86	21,30
Mitigação mudanças do clima	0	0,97	1,89	2,75	3,55	4,31	5,02	5,69	5,53	5,36	5,21	5,21	40,28
<b>Retorno líquido =</b>	-150	64,61	59,74	77,88	73,22	68,89	64,86	57,52	53,58	49,05	45,69	45,69	465,02

### 3) Análise Custo-Benefício - ACB

A Análise Custo-Benefício (ACB) é uma ferramenta bastante reconhecida de análise de viabilidade econômica de projetos e políticas. Sua lógica é muito simples: todos os fluxos financeiros do projeto ou política, inclusive estimativas associadas a serviços ecossistêmicos, são classificados como custos (C) ou benefícios (B) e atualizados a valor presente. O resultado da análise será expresso na forma de um indicador de benefício líquido ( $B - C$ ), ou de benefício relativo ( $B/C$ ).

Esse indicador pode ser analisado de três formas:

1. Se e quanto os benefícios são superiores aos custos;
2. Se e quanto o benefício líquido ou relativo estimado supera o benefício líquido ou relativo desejado (referência);
3. Se e quanto o benefício líquido ou relativo estimado é superior aos projetos concorrentes.

A incorporação de externalidades já é uma tradição na ACB, que é muito utilizada na avaliação de projetos e políticas com implicações sociais e ambientais. Maiores detalhes sobre o uso da ACB em projetos de relevância ambiental podem ser encontrados em Hanley & Barbier (2009).

#### Quadro 15. Exemplo hipotético: ACB

Uma empresa responsável pelo abastecimento de água de uma cidade capta água de um manancial que se restringe a uma bacia hidrográfica com 60% de sua vegetação nativa ainda preservada e uso predominantemente agrícola dos 40% restantes de sua área. Bacias hidrográficas próximas passam por um processo de urbanização e consequente perda na qualidade da água. Para se prevenir da degradação da qualidade da água, estudou duas alternativas de plano de ação. A primeira, baseada em infraestrutura cinza, refere-se à construção de uma planta de tratamento de água (ETA). A segunda, baseada em infraestrutura verde, refere-se ao manejo sustentável da bacia hidrográfica:

**A) Infraestrutura cinza:** O investimento inicial consiste em aquisição de terras, obras civis e aquisição de equipamentos para a ETA. O projeto tem ainda custos de operação e manutenção da ETA. O benefício é estimado na forma das receitas dos serviços de abastecimento público.

**B) Infraestrutura verde:** O investimento inicial consiste em estudos técnicos para o planejamento sustentável da bacia hidrográfica, custos com mobilização e sensibilização dos atores locais e aquisição de áreas críticas para o controle de erosão. Outros custos são restauração ambiental de áreas críticas, assistência técnica rural e incentivos econômicos para a conservação de remanescentes florestais (servidão florestal) e para a adoção de práticas rurais susten-

táveis. Os benefícios estimados são as receitas dos serviços de abastecimento público; danos evitados com mudanças do clima decorrentes da restauração florestal de áreas críticas e do desmatamento evitado obtido com a conservação dos remanescentes florestais; e receitas estimadas com atividades de recreação e turismo ligadas ao rio, como remo, pesca, etc., as quais acabaram drasticamente reduzidas nas bacias hidrográficas próximas que sofreram tal processo de urbanização.

Os projetos foram comparados por meio de uma ACB. A Tabela 7 apresenta os resultados da ACB, enquanto a Tabela 8 detalha os fluxos econômico-financeiros, em valores reais. Os valores futuros foram atualizados por uma taxa  $WACC^{77} = 10\%$  a.a., a não ser os valores relacionados a mudanças do clima e recreação e turismo, atualizados por uma taxa de desconto social de  $3\%$  a.a. O horizonte temporal da análise foi de 30 anos.

Tabela 7 - Resultados da ACB

PROJETO	B - C	B / C
A) Infraestrutura cinza	R\$ 8.409.516,37	R\$ 1,08
B) Infraestrutura verde	R\$ 40.141.829,17	R\$ 1,53

<sup>77</sup> WACC é a média ponderada de custo de capital. Para mais informações, veja o capítulo de Planejamento do Estudo, sobre Horizonte Temporal.

O projeto B mostra um retorno maior do que o projeto A. O indicador B – C mostra o valor presente líquido (VPL) ou retorno líquido do projeto, enquanto o indicador B / C mostra quantos reais de benefício o projeto gera para cada real investido (custos totais).

*Tabela 8 - Fluxos econômico-financeiros estimados para os projetos A, B e C (R\$ x 100.000).*

Os valores originais se repetem do ano 10 ao ano 30.

**A)**

VALORES ORIGINAIS	HORIZONTE TEMPORAL (ANOS)														TOTAL
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...	30		
<b>INVESTIMENTO INICIAL</b>	1000														1000,00
<b>CUSTOS</b>															
Operação e manutenção	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	...	5	150,00	
<b>BENEFÍCIOS</b>															
Água potável	0	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	...	120	3600,00	
VALORES ATUALIZADOS (ANO 0)	HORIZONTE TEMPORAL (ANOS)														TOTAL
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...	30		
<b>INVESTIMENTO INICIAL</b>	1000														1000,00
<b>CUSTOS</b>															
Operação e manutenção	0	4,55	4,13	3,76	3,42	3,10	2,82	2,57	2,33	2,12	1,93	...	0,29	47,13	
<b>BENEFÍCIOS</b>															
Água potável	0	109,09	99,17	90,16	81,96	74,51	67,74	61,58	55,98	50,89	46,27	...	6,88	1131,23	
Retorno líquido =	-1000	104,55	95,04	86,40	78,55	71,41	64,91	59,01	53,65	48,77	44,34	...	6,59	84,10	

## B)

VALORES ORIGINAIS	HORIZONTE TEMPORAL (ANOS)													TOTAL	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...	30		
<b>INVESTIMENTO INICIAL</b>	700														700,00
<b>CUSTOS</b>															
Restauração ambiental	0	5	4	3	2	1	0	0	0	0	0	...	0	15,00	
Incentivos econômicos	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	...	4	120,00	
Assistência técnica rural	0	3	3	3	3	3	0	0	0	0	0	...	0	15,00	
<b>BENEFÍCIOS</b>															
Água potável	0	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	...	120	3600,00	
Recreação e ecoturismo	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	...	0,5	15,00	
Desmatamento evitado e reflorestamento	0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	...	1,1	33,00	
<b>VALORES ATUALIZADOS (ANO 0)</b>															
VALORES ATUALIZADOS (ANO 0)	HORIZONTE TEMPORAL (ANOS)													TOTAL	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...	30		
<b>INVESTIMENTO INICIAL</b>	700														700,00
<b>CUSTOS</b>															
Restauração ambiental	0	4,55	3,31	2,25	1,37	0,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	...	0,00	12,09	
Incentivos econômicos	0	3,64	3,31	3,01	2,73	2,48	2,26	2,05	1,87	1,70	1,54	...	0,23	37,71	
Assistência técnica rural	0	2,73	2,48	2,25	2,05	1,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	...	0,00	11,37	
<b>BENEFÍCIOS</b>															
Água potável	0	109,09	99,17	90,16	81,96	74,51	67,74	61,58	55,98	50,89	46,27	...	6,88	1131,23	
Recreação e ecoturismo	0	0,49	0,47	0,46	0,44	0,43	0,42	0,41	0,39	0,38	0,37	...	0,21	9,80	
Desmatamento evitado e reflorestamento	0	1,07	1,04	1,01	0,98	0,95	0,92	0,89	0,87	0,84	0,82	...	0,45	21,56	
Retorno líquido =	-700	99,74	91,59	84,11	77,24	70,92	66,82	60,83	55,38	50,42	45,91	...	7,31	401,42	

## 4) Avaliação de riscos e oportunidades

Avaliações de riscos e oportunidades para os negócios são informações de grande interesse para a alta administração da empresa e, se o valor econômico do capital natural for incorporado nessas avaliações, poderá fazer parte das tomadas de decisão.

Riscos de capital natural estão normalmente associados a dependências da empresa em relação aos serviços ecossistêmicos, ou a alguma externalidade negativa da empresa que afete outros segmentos sociais. Oportunidades, por outro lado, estão geralmente relacionadas a dependências ou preferências de clientes e consumidores em relação a serviços ecossistêmicos, e podem estar relacionadas a externalidades positivas da empresa.

Riscos e oportunidades podem ser avaliados de forma qualitativa; por exemplo, por meio da ferramenta *Corporate Ecosystem Services Review (ESR)*<sup>78</sup> (Hanson et al. 2012). Nestas Diretrizes são feitas sugestões de incorporação dos valores monetários estimados para serviços ecossistêmicos em métodos tradicionais de avaliação de riscos e oportunidades.

### AValiação DE RISCOS

Risco pode ser definido como a probabilidade de perda financeira (Gitman, 2010). Ao multiplicar o risco (probabilidade) pelo retorno estimado de um ativo, obtém-se o retorno esperado ajustado ao risco.

Diferentes combinações de risco e retorno para um mesmo projeto, investimento ou política são chamadas de cenários. Cada cenário é caracterizado por um evento específico, seu contexto e suas potenciais consequências. Um mesmo evento pode caracterizar diversos cenários sob um mesmo contexto, os quais difeririam apenas pela intensidade do evento e por suas potenciais consequências. Por exemplo, um conjunto de cenários caracterizados por diferentes intensidades de seca (evento) e perdas

na produção agrícola (potenciais consequências) em uma mesma região (contexto). Neste caso, provavelmente serão avaliados apenas os cenários que representem os níveis de seca considerados mais prováveis na região.

Assim, uma avaliação de risco que inclua valores financeiros relacionados a serviços ecossistêmicos pode ser feita por meio das seguintes etapas:

1. Definir os cenários possíveis, incluindo seus eventos característicos, contextos, potenciais consequências e horizontes temporais. Se os horizontes temporais forem maiores que um ano, definir a taxa de desconto para atualizar valores futuros.
2. Estimar, com base em estudos técnicos ou opinião de especialistas, as probabilidades associadas a cada cenário.
3. Estimar os retornos para cada período do horizonte temporal de cada cenário, incluindo estimativas de valores econômicos relacionados a serviços ecossistêmicos.
4. Para cada cenário, atualizar os retornos futuros a valor presente, somar todos os valores atualizados, positivos e negativos, obtendo assim o **retorno estimado** na forma de valor presente líquido (VPL).
5. Multiplicar os VPL de cada cenário por suas respectivas probabilidades (risco), obtendo assim o **retorno esperado** de cada cenário<sup>79</sup>.
6. A diferença entre o retorno esperado para um cenário tido como referência e o retorno esperado de um cenário alternativo é uma medida do risco econômico associado a esse cenário alternativo.

As diferentes intensidades do evento que caracterizam o conjunto de cenários podem ser baseadas no histórico de intensidade ou amplitude desse evento; em níveis considerados críticos para os negócios da empresa; ou qualquer outro critério que a empresa considere relevante e seja justificável. Vale considerar que, dadas as mudanças climáticas e a degradação ambiental, padrões históricos podem não ser representativos da realidade futura e, portanto, é importante considerar pesquisas sobre alterações nos padrões futuros na construção de cenários.

78 A ESR é uma ferramenta desenhada para apoiar gestores no diagnóstico e no delineamento de estratégias para lidar com riscos e oportunidades decorrentes das relações de seus negócios com o capital natural. A valoração econômica ambiental produzida pela ESR é qualitativa ou quantitativa não monetária. Veja no link: <http://www.wri.org/publication/corporate-ecosystem-services-review>

79 Se houver estimativas de risco (probabilidades) para os retornos esperados em cada um dos anos considerados no horizonte temporal da análise, os retornos esperados devem ser obtidos para cada ano e só depois somados para que se obtenha o retorno esperado do cenário.

Nesse tipo de análise, quando os cenários representam diferentes níveis de intensidade de um mesmo evento em um mesmo local e período, as somas das probabilidades desses cenários  $\sum p$  deve ser:  $0 < \sum p \leq 1$ . E, nesse caso, se os retornos esperados obtidos para cada cenário forem somados, será obtido o retorno esperado para o evento (a seca, nos exemplos acima).

As probabilidades associadas a cada cenário podem ser estimadas basicamente de 3 formas, que podem ser consideradas isoladamente ou em conjunto:

1. Histórico de ocorrência do evento ou nível do evento que caracteriza o cenário. Por exemplo: secas que provocaram perdas de 10% ou mais na produção local de laranjas ocorreram três vezes nos últimos 10 anos. Portanto, o risco de que esse evento (seca) com esse nível ou intensidade (perda de 10% ou mais da produção local de laranjas) ocorra nos próximos 10 anos é de  $3/10 = 30\%$ .
2. Alguma informação relevante e que interfira no evento ou nível do evento que caracteriza o cenário, mesmo que essa informação não tenha respaldo histórico. Por exemplo: o desmatamento progressivo da bacia hidrográfica de onde a água é captada está reduzindo a capacidade do ecossistema de regularizar a vazão do rio, e isso deve aumentar a intensidade das secas na região, fazendo com que o risco de que o evento (seca) com esse nível ou intensidade (perda de 10% ou mais da produção local de laranjas) aumente nos próximos anos dos 30% obtidos por dados históricos para = 40%.
3. Opinião de especialistas sobre o evento que caracteriza o cenário, sejam eles especialistas internos ou externos. Por exemplo: as mudanças do clima já estão sendo detectadas na região, segundo estudos recentes, e a frequência de secas (evento) com nível equivalente a perda de 10% ou mais na produção local de laranjas deve chegar a 40% nos próximos anos. Considerando ainda os efeitos adicionais do desmatamento da bacia hidrográfica, essa probabilidade deve chegar a 50%.

#### Quadro 16. Exemplo hipotético: avaliação de riscos

Uma empresa vem notando uma imprevisibilidade cada vez maior no regime de chuvas na bacia hidrográfica onde capta sua água, possivelmente como impacto das mudanças climáticas. Nessa mesma bacia hidrográfica, há também uma área de produção de hortaliças, a qual depende de irrigação e capta sua água à jusante da captação da empresa.

Temendo conflito pelo uso da água, os gestores da indústria optaram por fazer uma avaliação de risco de escassez hídrica frente à possibilidade de secas mais intensas e/ou frequentes no futuro próximo.

Com base em dados históricos sobre a ocorrência e intensidade das secas na região nos últimos 5 anos, a empresa avaliou as frequências de ocorrência de cinco níveis de déficit hídrico em relação à demanda local, considerando a própria empresa e a comunidade à jusante: 0%, 25%, 50%, 75% e 100%. Com essas informações, criou um conjunto de cenários de linha

de base (BASE). Para avaliar o impacto das mudanças do clima nos riscos de déficit hídrico local, a empresa criou um segundo conjunto de cenários, chamado de cenários alternativos (ALT) cujas estimativas de risco foram baseadas na opinião de especialistas.

Os retornos de cada cenário foram estimados considerando a renda sacrificada da empresa, em caso de déficit hídrico. A receita atual da empresa é de R\$ 10.000.000,00/ano em valores reais. Os riscos de cada cenário foram estimados considerando a probabilidade de que o cenário se torne realidade no período de até cinco anos. Porém, como não é possível determinar em quais desses cinco anos isso ocorreria, adotou-se o período médio padrão de três anos para a atualização financeira dos valores de renda sacrificada.

Estimativas de renda sacrificada esperada em função do risco de escassez hídrica são detalhadas na Tabela 9. A taxa utilizada foi a WAAC = 10% a.a.

**Tabela 9 - Estimativas de receitas sacrificadas esperadas em situação de risco de déficit hídrico**

CENÁRIO	DÉFICIT HÍDRICO	RENDA SACRIFICADA ESTIMADA		RISCO	RENDA SACRIFICADA ESPERADA
		VALOR FUTURO	VALOR PRESENTE		
BASE 1	0%	0% x R\$ 10MI = R\$ 0,00	R\$ 0,00	50%	50% x R\$ 0,00 = R\$ 0,00
BASE 2	25%	25% x R\$ 10MI = R\$ 2.500.000,00	R\$ 1.878.287,00	35%	35% x R\$ 1.878.287,00 = R\$ 657.400,45
BASE 3	50%	50% x R\$ 10MI = R\$ 5.000.000,00	R\$3.756.574,00	10%	10% x R\$3.756.574,00 = R\$ 375.657,40
BASE 4	75%	75% x R\$ 10MI = R\$ 7.500.000,00	R\$ 5.634.861,01	5%	5% x R\$ 5.634.861,01 = R\$ 281.743,05
BASE 5	100%	100% x R\$ 10MI = R\$ 10.000.000,00	R\$ 7.513.148,01	0%	0% x R\$ 7.513.148,01 = R\$ 0,00
					<b>Total = R\$ 1.314.800,90</b>
ALT 1	0%	0% x R\$ 10MI = R\$ 0,00	R\$ 0,00	25%	25% x R\$ 0,00 = R\$ 0,00
ALT 2	25%	25% x R\$ 10MI = R\$ 2.500.000,00	R\$ 1.878.287,00	30%	30% x R\$ 1.878.287,00 = R\$ 563.486,10
ALT 3	50%	50% x R\$ 10MI = R\$ 5.000.000,00	R\$3.756.574,00	20%	20% x R\$3.756.574,00 = R\$ 751.314,80
ALT 4	75%	75% x R\$ 10MI = R\$ 7.500.000,00	R\$ 5.634.861,01	15%	15% x R\$ 5.634.861,01 = R\$ 845.229,15
ALT 5	100%	100% x R\$ 10MI = R\$ 10.000.000,00	R\$ 7.513.148,01	10%	10% x R\$ 7.513.148,01 = R\$ 751.314,80
					<b>Total = R\$ 2.911.344,85</b>

As análises indicam que atualmente não há risco de a empresa parar de operar por falta de água (BASE 5), mas que há 50% de risco de a empresa ser afetada nos próximos cinco anos (soma de BASE 2, 3 e 4), o que equivale a perdas esperadas de R\$ 1.314.800,90, aproximadamente 13% de seu faturamento anual. Entretanto, ao considerar os prováveis impactos das mudanças do clima no déficit hídrico, a probabilidade de não sofrer perdas cai pela metade, para apenas 25% (ALT 1), a possibilidade de parar totalmente a produção se torna real (ATL 5), e o prejuízo econômico esperado mais do que dobra, chegando a 29% do faturamento atual da empresa, ou R\$ 2.911.344,85.

A estimativa do risco econômico serve de parâmetro para avaliar a viabilidade econômica de diferentes planos de ação que podem reduzir as perdas esperadas. Esses planos serão economicamente viáveis se

seus custos de implementação, somados às perdas econômicas do déficit hídrico que não for por eles eliminado, forem menores do que as perdas esperadas ao não implementar o plano.

O melhor plano, do ponto de vista econômico, será aquele cujos custos de implementação somados às perdas do déficit hídrico remanescente forem os menores em relação às perdas de não o implementar. Exemplos de alternativas de plano de ação no contexto deste exemplo são:

- Investimentos em tecnologias e processos de menor consumo de água;
- Redução da produção e conseqüentemente do consumo de água;
- Importação de água para consumo próprio, permitindo que as reservas do manancial abaste-

çam os produtores à jusante;

- Importação de água para os produtores à jusante e manutenção da captação para consumo próprio;
- Manutenção da captação para uso próprio e indenização aos produtores à jusante por suas perdas econômicas em função do déficit hídrico resultante.

## AVALIAÇÃO DE OPORTUNIDADES

Oportunidades normalmente são caracterizadas por seu benefício líquido: os benefícios previstos descontados dos custos necessários para viabilizá-los. Nestes termos, as avaliações de oportunidades são equivalentes à avaliação de projetos e, portanto, podem ser implementadas por meio das ferramentas descritas acima: ROI, *Payback* e ACB. A inserção dos valores estimados para os serviços ecossistêmicos materiais são então consideradas da mesma forma descrita para essas ferramentas de análise.

Entretanto, pode haver incerteza quanto aos benefícios previstos para a oportunidade, ou mesmo sobre os custos para viabilizá-la. Nesses casos, é possível adotar cenários alternativos que representem as diferentes possibilidades e calcular seus **retornos estimados** (ou ROI, B-C, B/C, ou *Payback*) e, idealmente, seus **retornos esperados**<sup>80</sup> – caso seja possível atribuir probabilidades de ocorrência para os diferentes cenários (ou ROI, B-C, B/C, ou *Payback*).

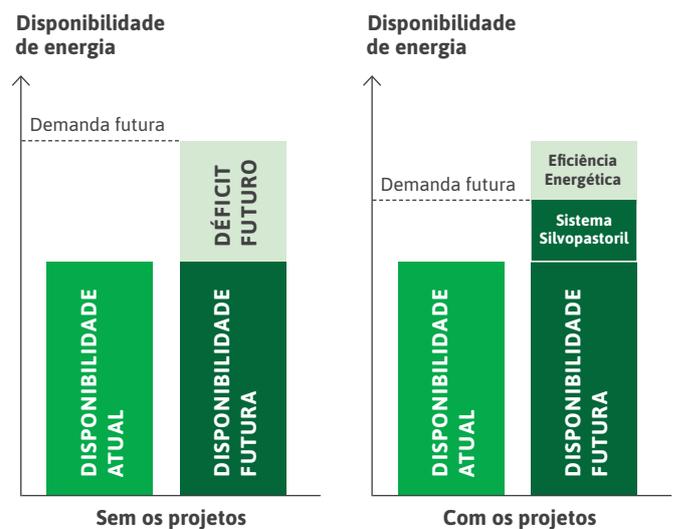
## 5) Análises gráficas de apoio a decisões estratégicas

Gráficos têm um enorme apelo visual e capacidade de transmitir de forma objetiva as informações mais importantes de uma análise, podendo tornar os valores associados a serviços ecossistêmicos mais acessíveis a tomadores de decisão.

Uma das formas mais claras de demonstrar a importância de serviços ecossistêmicos para os negócios é apresentar os resultados de uma análise de forma comparativa considerando e ignorando os valores econômicos estimados para serviços ecossistêmicos materiais.

Com base nos resultados do exemplo demonstrativo dos cálculos de ROI e *Payback*, considere que os projetos A (de eficiência energética) e C (implementação de um sistema silvopastoril nas fazendas) precisam ser implementados conjuntamente para que a demanda futura por energia seja atingida. Graficamente, esse problema pode ser representado conforme a Figura 1<sup>81</sup>:

Figura 1- Impacto dos projetos de eficiência energética e de produção de lenha no risco de déficit futuro de energia



80 Retorno esperado = retorno estimado x risco (probabilidade de ocorrência)

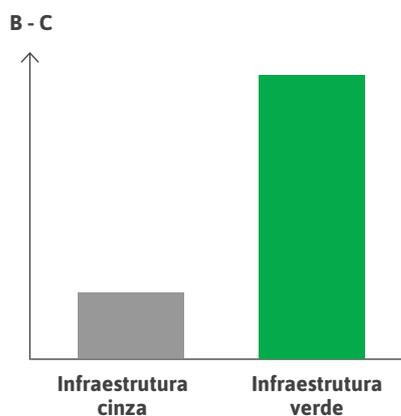
81 Inspirado em gráfico publicado na *ESR Impact Assessment* (Landsberg et al., 2014)

O gráfico da esquerda representa a disponibilidade no contexto atual, sem os projetos. É dado destaque ao risco de desabastecimento futuro, indicado no gráfico como déficit futuro.

O gráfico da direita representa a disponibilidade na situação esperada após a implementação dos projetos. São dados destaques à economia de energia obtida pelo projeto de eficiência energética e ao aumento na oferta de biomassa combustível obtido do projeto de implementação de sistema silvopastoril. Em suma, os gráficos deixam evidente que, em conjunto, os dois projetos eliminam o risco de déficit futuro de energia.

No exemplo demonstrativo dos cálculos de ACB, os resultados poderiam ser comunicados conforme a Figura 2.

*Figura 2 - Resultado da ACB comparativa dos projetos de infraestrutura cinza e de infraestrutura verde.*



Considere em um novo caso hipotético, semelhante ao exemplo da ACB, uma empresa que comercializa água potável. Essa empresa tem custos de tratamento da água em função da erosão do solo em seu manancial, que fica em uma microbacia hidrográfica que já tinha perdido parte de sua cobertura vegetal antes de ser integralmente adquirida pela empresa. A empresa avalia implementar um projeto de revegetação da microbacia, na expectativa de reduzir o fluxo de sedimentos erodidos

para seu manancial e, conseqüentemente, seus custos de tratamento. A revitalização da área também mostra potencial para que a empresa gere novas receitas com a exploração de atividades de recreação e turismo.

Os fluxos financeiros estimados para o projeto estão resumidos na Tabela 10. Gráficamente, o projeto e seus resultados esperados poderiam ser apresentados conforme as Figura 3 e Figura 4.

Tabela 10 - Fluxos financeiros da empresa considerando a implementação do projeto de revitalização da microbacia hidrográfica

VALORES ORIGINAIS	HORIZONTE TEMPORAL (ANOS)																TOTAL
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
<b>INVESTIMENTO INICIAL</b>	40																40
<b>CUSTOS</b>																	
Tratamento de água	0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	300
Manutenção de plantios	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
<b>BENEFÍCIOS</b>																	
Venda de água potável	0	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	375
Custos evitados de tratamento	0	0	0	0	0	2	2	5	5	5	10	10	10	15	15	15	94
Recreação e turismo	0	0	0	0	0	0	2	2	2	3	4	5	5	5	5	5	38
VALORES ATUALIZADOS (ANO 0)	HORIZONTE TEMPORAL (ANOS)																TOTAL
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
<b>INVESTIMENTO INICIAL</b>	40																40
<b>CUSTOS</b>																	
Tratamento de água	0	18,18	16,53	15,03	13,66	12,42	11,29	10,26	9,33	8,48	7,71	7,01	6,37	5,79	5,27	4,79	152,12
Manutenção de plantios	0	3,64	3,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,94
<b>BENEFÍCIOS</b>																	
Venda de água potável	0	22,73	20,66	18,78	17,08	15,52	14,11	12,83	11,66	10,60	9,64	8,76	7,97	7,24	6,58	5,98	190,15
Custos evitados de tratamento	0	0,00	0,00	0,00	0,00	1,24	1,13	2,57	2,33	2,12	3,86	3,50	3,19	4,34	3,95	3,59	31,82
Recreação e turismo	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,67	1,63	1,58	2,30	2,98	3,61	3,51	3,40	3,31	3,21	27,19
<b>Retorno líquido =</b>	-40	0,91	0,83	3,76	3,42	4,35	5,63	6,76	6,24	6,54	8,76	8,87	8,29	9,20	8,57	8,00	50,10

Figura 3 - Fluxo econômico-financeiro estimado para o projeto nos próximos 15 anos, atualizados a valor presente.

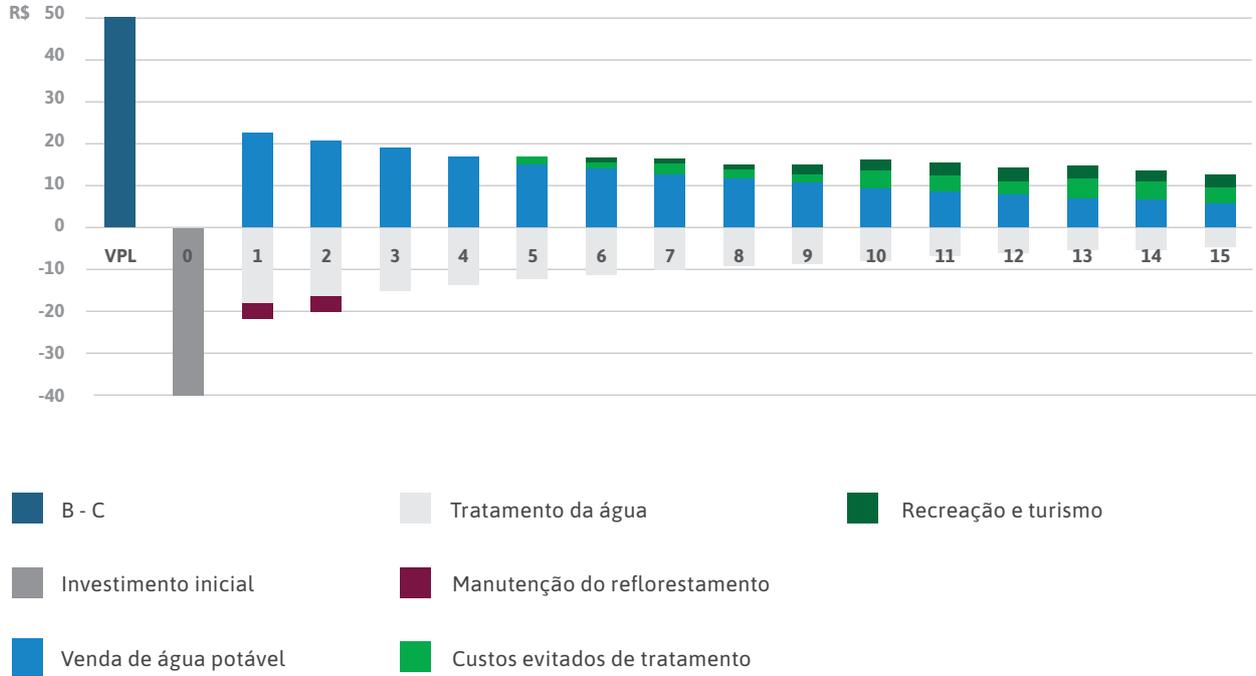
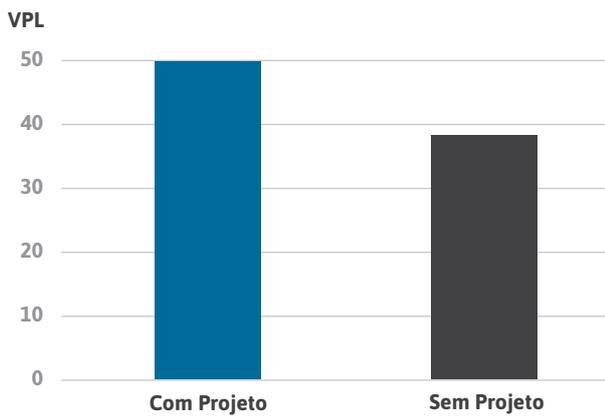


Figura 4 - Comparação do valor gerado nos próximos 15 anos (VPL = valor presente líquido), com e sem o projeto.





# Referências Bibliográficas

- APPLETON, A. F. (2002). *How New York City used an ecosystem services strategy carried out through an urban-rural partnership to preserve the pristine quality of its drinking water and save billions of dollars and what lessons it teaches about using ecosystem services*. Tokyo: Katoomba Conference.
- BERTONI, J., LOMBARDI, F., NETO (2008). *Conservação do Solo*. (6ª ed.). São Paulo: Ícone.
- BROMLEY, D. W. (ed.) (1998). *Handbook of Environmental economics*. Malden, MA, USA: Blackwell Publishers Ltd.
- CENTRO DE ESTUDOS EM SUSTENTABILIDADE DA FGV (FGVces), & WORLD RESOURCE INSTITUTE (WRI). (2011). *Especificações do Programa GHG Protocol* (2ª ed.). São Paulo: Escola de Administração de São Paulo, Fundação Getulio Vargas.
- CENTRO DE ESTUDOS EM SUSTENTABILIDADE DA FGV (FGVces). (2018). *Explorando conexões entre Finanças Corporativas e Serviços Ecosistêmicos: Estudos Pilotos*. São Paulo, Fundação Getulio Vargas.
- CONSTANTINO, A. F. & YAMAMURA, V. D. (2009). Redução do gasto operacional em estação de tratamento de água utilizando o PAC. *Anais do Simpósio de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Maringá, PR*, 2.
- COSTANZA, R., DE GROOT, R., SUTTON, P., VAN DER PLOEG, S., ANDERSON, S. J., KUBISZEWSKI, I., FARBER, S. & TURNER, R. K. (2014). Changes in the global values of ecosystem services. *Global Environmental Change*, 26, 152-158.
- COSTANZA, R., DE GROOT, R., BRAAT, L., KUBISZEWSKI, I., FIORAMONTI, L., SUTTON, P., ... & GRASSO, M. (2017). Twenty years of ecosystem services: how far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*, 28, 1-16.
- DAILY, H. & FARLEY, J. (2010). *Ecological Economics: principle and applications* (2ª ed.). Washington, DC: Island Press.
- DE GROOT, R., BRANDER, L., VAN DER PLOEG, S., COSTANZA, R., BERNARD, F., BRAAT, L., CHRISTIE, M., CROSSMAN, N., GHERMANDI, A., HEIN, L., HUSSAIN, S., KUMAR, P., MCVITTIE, A., PORTELA, R., RODRIGUEZ, L.C., TEN BRINK, P. & VAN BEUKERING, P. (2012). Global estimates of the value of ecosystem and their services in monetary units. *Ecosystem services*, 1 (1), 50-61.
- FARLEY, J. (2012). Ecosystem service: the economics debate. *Ecosystem services*, 1 (1), 40-49.
- FGB, TNC, MMA, GIZ. (2017). Guia para a formulação de políticas públicas estaduais e municipais de pagamentos por serviços ambientais.
- Fundação de Ciência Aplicada a Técnicas Espaciais (FUNCATE). (2010). Segundo Inventário Brasileiro de emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa – Relatório de Referência: Emissões de Dióxido de Carbono no Setor Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas. Brasília: MCTI.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI). (2015). *Terceiro Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa*. Relatórios de Referência - Emissões de Dióxido de Carbono no Setor de Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas. Ministério de Ciência e Tecnologia e Inovação.
- GITMAN, L. J. (2010) Princípios de administração financeira (12ª ed.). São Paulo: Pearson Prentice Hall.
- GREENLEAF, S. S., WILLIAMS, N. M., WINFREE, R. & KREMEN, C. (2007). Bee foraging ranges and their relationship to body size. *Oecologia*, 153, 589-596.
- HANLEY, N., BARBIER, E. B. (2009). *Pricing Nature: Cost-Benefit Analysis and Environmental Policy*. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing Limited.
- HANSON, C., RANGANATHAN, J. e FINISDORE, J. (2012). *The corporate ecosystem services review: guidelines for identifying business risks & opportunity arising from ecosystem change*. Washington, DC: WRI. Disponível em: <http://www.wri.org/publication/corporate-ecosystem-services-review>
- HM TREASURY (2018). *The Green Book: Central government Guidance on Appraisal and Evaluation*. UK. Available at: [www.gov.uk/government/publications](http://www.gov.uk/government/publications)
- INTERAGENCY WORKING GROUP ON SOCIAL COST OF CARBON. (2013). *Technical Support Document: Technical Update of Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866*. United States: United States Government.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. (2003). *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*. Japan: Global Environmental Strategies (IGES).
- KENNEDY, C. M., LONSDORF, E., NEEL, M. C., WILLIAMS, N. M., RICKETTS, T. H., WINFREE, R., BOMMARCO, R., BRITAIN, C., BURLEY, E.L.,

- CARIVEAU, D., CARVALHEIRO, L. G., CHACOFF, N. P., CUNNINGHAM, S. A., DANFORTH, B. N., DUDENHOFFER, J., ELLE, E., GAINES, H. R., GARIBALDI, L. A., GRATTON, C., HOLZSCHUH, A., ISAACS, R., JAVOREK, S. K., JHA, S., KLEIN, A. M., KREWENKA, K., MANDELIK, Y., MAYFIELD, M. M., MORANDIN, L., NEAME, L. A., OTIENO, M., POTTS, S. G., RUNDLOF, M., SAEZ, A., STEFFAN-DEWENTER, I., TAKI, H., VIANA, B.F., WESTPHAL, C., WILSON, J. K., GREENLEAF, S. S. & KREMEN, C. (2013). A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators on agroecosystems. *Ecology Letters*, 16, 584-599.
- LANDSBERG, F.; TREWEEK, J.; STICKLER, M. M.; HENNINGER, N.; VENN, O. (2014). Weaving Ecosystem Services Into Impact Assessment: technical appendix v 1.0. World Resources Institute.
- MAIA, A. G., & ROMEIRO, A. R. (2008). Validade e confiabilidade do método de custo de viagem: um estudo aplicado ao Parque Nacional da Serra Geral. *Economia Aplicada*, 12(1), 103-123.
- MAY, P.H., LUSTOSA, M.C., & VINHA, V. (2003). *Economia do meio ambiente: teoria e prática*. Rio de Janeiro: Campus Elsevier.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MA). (2005). *Ecosystems and human well-being: Current state & trends assessment*. Washington, EUA: Island Press.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MA). (2005b). *Ecosystems and human well-being: opportunities and challenges for business and industry*. Washington, DC : WRI.
- NATURAL CAPITAL COALITION (NCC) (2016). Natural Capital Protocol. Disponível em: <https://naturalcapitalcoalition.org/>
- NICKENS, E. (1998). A watershed paradox: New York City's water quality protection efforts. *American Forests*, 103 (4), 21-24.
- NORDHAUS, W. D. (2017). Revisiting the social cost of carbon. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 114, n. 7, p. 1518-1523, 2017.
- ORTIZ, R.A., MOTTA, R.S., & FERRAZ, C. A.(2000). A estimação do valor ambiental do Parque Nacional do Iguaçu através do método de custo de viagem. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, 30 (3), 355 - 382.
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. (2013). *Managing change in organizations: a practice guide*. Pennsylvania: Project Management Institute.
- PAGIOLA, S., VON GLEHN, H. C., & TAFFARELLO, D. (2012). *Experiências de Pagamentos por Serviços Ambientais no Brasil*. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo.
- PWC. (2015). Valuing corporate environmental impacts. Disponível em: <[www.pwc.co.uk/naturalcapital](http://www.pwc.co.uk/naturalcapital)>.
- RICKE, K. (2018). Country-level social cost of carbon. *Nature Climate Change* 8: 895 – 900.
- RICKETTS, T. H. & LONSDORF, E. (2013). Mapping the margin: comparing the marginal values of tropical forests remnants for pollination services. *Ecological Applications*, 23 (5), 1113-1123.
- ROEHL, J. W. (1962). Sediment source areas, delivery ratios and influencing morphological factors. *International Association of Hydrological Sciences Public.*, 59, 202-213.
- SEROA DA MOTTA, R. (1997). *Manual para valoração econômica de recursos ambientais*. Rio de Janeiro: IPEA; MMA: PNUD; CNPQ.
- SOUSA, W. C., Jr. (2011). *Pagamento por Serviços Ecossistêmicos: mata ciliar, erosão, turbidez e qualidade de água* (Relatório Técnico), São Paulo: SMA.
- STERN, N. (2007). *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge University Press.
- THE ECONOMICS OF ECOSYSTEMS AND BIODIVERSITY (TEEB). (2012a). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: ecological and economic foundation*. New York: Routledge.
- THE ECONOMICS OF ECOSYSTEMS AND BIODIVERSITY (TEEB). (2012b). *The Economics of Ecosystem and Biodiversity in Business and Enterprise*. London : Earthscan.
- VERIFIED CARBON STANDARD (VCS). (2012). *VM0015: Methodology for Avoided Unplanned Deforestation*, v1.1. Amazonas Sustainable Foundation, BioCarbon Fund.
- WBCSD, PwC, IUCN, ERM (2011). *Guide to Corporate Ecosystem Valuation: a framework for improving corporate decision-making (CEV)*. Disponível em: <https://www.wbcsd.org/>

# Apêndices

## Apêndice 1.

### Regulação da qualidade da água: diagrama sobre dependência e impacto

A seguir, são discutidos os conceitos de dependência e impacto adotados na Devese para regulação da qualidade da água. A análise abaixo aplica-se a qualquer parâmetro de qualidade da água.

$IQla$  = Impacto da ausência ou limitação de serviços ecossistêmicos na regulação da qualidade da água captada pela empresa;

$Qla_{ideal}$  = Qualidade ideal da água necessária para as operações da empresa;

$Qla_{cap}$  = Qualidade de água captada pela empresa;

$Qla_{max}$  = Qualidade máxima da água sob níveis máximos de regulação ecossistêmica, ou seja, no contexto de ecossistemas altamente preservados;

$Qla_{min}$  = Qualidade mínima da água, em seu ponto de captação, na hipótese de níveis mínimos de regulação ecossistêmica da qualidade da água, ou seja, no contexto de ecossistemas altamente degradados;

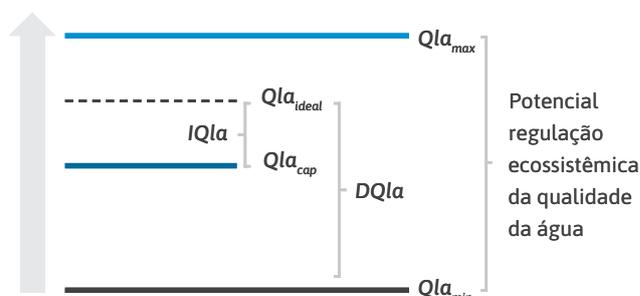
$DQla$  = Dependência da empresa em relação ao serviço ecossistêmico de regulação da qualidade da água.

No caso de parâmetros que tenham relação diretamente proporcional à qualidade da água, ou seja, em que quanto maior seu valor estimado, maior será a qualidade da água, suas estimativas ou medições ( $Qla_{ideal}$ ,  $Qla_{cap}$ ,  $Qla_{min}$ ) devem ser multiplicadas por - 1 antes de serem inseridas nas fórmulas que estimam  $DQla$  e  $IQla$ .

Situação 1. Ocorre impacto real e negativo,

$IQla: Qla_{ideal} > Qla_{cap}$

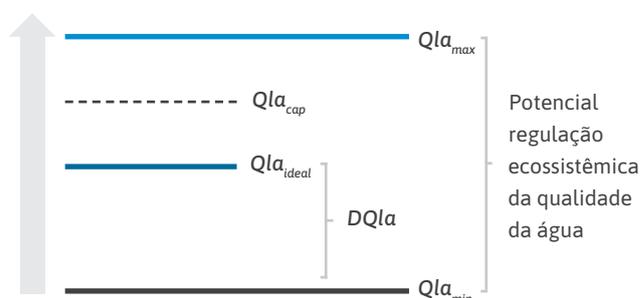
Nível de qualidade da água



Neste caso, o impacto é negativo, pois a qualidade da água captada é inferior à qualidade da água ideal para as atividades da empresa; e equivale a  $Qla_{ideal} - Qla_{cap}$ .

Situação 2. Não ocorre impacto,  $IQla: Qla_{ideal} < Qla_{cap}$

Nível de qualidade da água



Neste caso não há impacto negativo, já que a qualidade atual da água é superior à qualidade ideal para a empresa; e não há impacto positivo, já que a empresa não tem como se beneficiar dessa melhor qualidade da água captada.

## Apêndice 2.

### Regulação da polinização selvagem: detalhamento dos cálculos do exemplo

#### MÉTODO 2. POLINIZAÇÃO SELVAGEM

##### Impacto: quantificação

###### Etapa 2

As distâncias entre a plantação de café e os remanescentes florestais são: 100 m para FF1, 1.000 m para FF2, 7.350 m para FF3, e 5.300 m para FF4.

Como FF3 está além da distância de voo das três espécies de polinizadores identificadas na região (GREENLEAF et al, 2007), não contribui para a polinização do café da fazenda (única área n deste exemplo).

$$i = A. mellifera: Ap_{jin} = [15 \times 30.000 \times 2,7183^{(-100/5900)} + 5 \times 30.000 \times 2,7183^{(-1000/5900)} + 3 \times 21.163 \times 2,7183^{(-5300/5900)}] = 442.437 + 126.614 + 25.857 = 594.907$$

$$i = M. fasciata: Ap_{jin} = [15 \times 20.000 \times 2,7183^{(-100/1500)} + 5 \times 20.000 \times 2,7183^{(-1000/1500)} + 3 \times 14.108 \times 2,7183^{(-5300/1500)}] = 280.652 + 51.342 + 0 = 331.994$$

$$i = T. angustula: Ap_{jin} = [15 \times 10.000 \times 2,7183^{(-100/700)} + 5 \times 10.000 \times 2,7183^{(-1000/700)} + 3 \times 7.054 \times 2,7183^{(-5300/700)}] = 130.032 + 0 + 0 = 130.032$$

$$Ap_{jn} = Ap_{Am} + Ap_{Mf} + Ap_{Ta} = 594.907 + 331.994 + 130.032 = 1.056.933 \text{ espécimes}$$

$$Ap_n = Ap_{jn}/A_{jn} = 1.056.933 / 100 = 10.569 \text{ espécimes/ha}$$

##### Quantificação: impacto e externalidade

###### Determinação dos parâmetros a e b:

$$a = - (Pmca_{café} \times DPca_{café}) / Dpca_{café}^2 = - (2,5 \times 0,33) / 50.000^2 = - 3,3 \times 10^{-10}$$

$$b = - 2 \times a \times Dpca_{café} = - 2 \times (- 3,3 \times 10^{-10}) \times 50.000 = 3,3 \times 10^{-5}$$

### Apêndice 3.

#### Regulação da erosão do solo: detalhamento dos cálculos do exemplo

Quantificação: aplicação da EUPS

#### DEPENDÊNCIA

Indicador físico – Perda de nutrientes do solo:

$\alpha$	R	K	LS	CP	A	Es
pc	4865	0,047	11,56	1	35	= 92.513,81
pd1	4865	0,047	12,27	1	35	= 98.195,89

$\alpha$	R	K	LS	CP	A	Es
pc	4865	0,047	11,56	0,01	35	= 925,14
pd1	4865	0,047	12,27	0,01	35	= 981,96

Indicador físico – Turbidez no corpo d'água:

$\alpha$	R	K	LS	CP	A	Es
au	4865	0,057	7,47	1	50	= 103.573,42
pc	4865	0,047	11,56	1	100	= 264.325,18
pd1	4865	0,047	12,27	1	200	= 561.119,37
pd2	4865	0,047	15,33	1	600	= 2.103.168,69
fc	4865	0,047	15,33	1	150	= 525.792,17

$\alpha$	R	K	LS	CP	A	Es
au	4865	0,057	7,47	0,01	50	= 1.035,73
pc	4865	0,047	11,56	0,01	100	= 2.643,25
pd1	4865	0,047	12,27	0,01	200	= 5.611,19
pd2	4865	0,047	15,33	0,01	600	= 21.031,69
fc	4865	0,047	15,33	0,01	150	= 5.257,92

**IMPACTO**

Indicador físico – Perda de nutrientes do solo:

<i>a</i>	R	K	LS	CP	A	Es
pc	4865	0,047	11,56	0,12	35	= 11.101,66
pd1	4865	0,047	12,27	0,25	35	= 24.548,97

<i>a</i>	R	K	LS	CP	A	Es
pc	4865	0,047	11,56	0,01	35	= 925,14
pd1	4865	0,047	12,27	0,01	35	= 981,96

Indicador físico – Turbidez no corpo d'água:

<i>a</i>	R	K	LS	CP	A	Es
au	4865	0,057	7,47	1	50	= 103.573,42
pc	4865	0,047	11,56	0,12	100	= 31.719,02
pd1	4865	0,047	12,27	0,25	200	= 140.279,84
pd2	4865	0,047	15,33	0,25	600	= 525.792,17
fc	4865	0,047	15,33	0,01	150	= 5.257,92

<i>a</i>	R	K	LS	CP	A	Es
au	4865	0,057	7,47	0,01	50	= 1.035,73
pc	4865	0,047	11,56	0,01	100	= 2.643,25
pd1	4865	0,047	12,27	0,01	200	= 5.611,19
pd2	4865	0,047	15,33	0,01	600	= 21.031,69
fc	4865	0,047	15,33	0,01	150	= 5.257,92

**EXTERNALIDADE**

Indicador físico – Turbidez no corpo d'água:

<i>a</i>	R	K	LS	CP	A	Es
au	4865	0,057	7,47	1	10	= 20.714,68
pc	4865	0,047	11,56	0,12	35	= 11.101,66
pd1	4865	0,047	12,27	0,25	35	= 24.548,97
pd2	4865	0,047	15,33	0,25	0	= 0
fc	4865	0,047	15,33	0,01	20	= 701,06

<i>a</i>	R	K	LS	CP	A	Es
au	4865	0,057	7,47	0,01	10	= 207,15
pc	4865	0,047	11,56	0,01	35	= 925,14
pd1	4865	0,047	12,27	0,01	35	= 981,96
pd2	4865	0,047	15,33	0,01	0	= 0
fc	4865	0,047	15,33	0,01	20	= 701,06

# Anexos

## Anexo 1.

### Método de Custo de Reposição (MCR)

O Método de Custo de Reposição (MCR) baseia-se na premissa de que os custos incorridos (ou estimados) para reposição, restauração ou substituição da quantidade ou da qualidade de um serviço ecossistêmico constituem estimativa válida do valor dos benefícios que tal serviço ecossistêmico representa para a empresa ou a sociedade. Ou seja, a perda desse serviço ecossistêmico representaria um ônus à atividade da empresa ou à sociedade, parcialmente refletido no valor monetário que deveria ser pago para a reposição desse serviço ou sua substituição por outro bem ou serviço não ambiental que possa exercer função equivalente. Custos relacionados às compensações ambientais são também considerados no contexto deste método.

O MCR pode ser utilizado para estimar valores associados a perdas que podem ocorrer no futuro (*ex-ante*), ou para estimar valores associados a perdas que aconteceram no passado (*ex-post*). Normalmente não exige análises matemáticas ou estatísticas complexas e a estimativa de valor econômico associada ao serviço ecossistêmico se dá pela somatória dos valores dos custos com compensação, recomposição e/ou restauração. Em algumas situações, entretanto, análises de regressão múltiplas podem ser necessárias.

Exemplos da aplicação deste método estão no capítulo **Métodos para a quantificação e valoração econômica de serviços ecossistêmicos**, nas seções sobre provisão de água, provisão de biomassa combustível, regulação da qualidade da água, regulação do clima global, regulação da polinização e regulação da erosão do solo.

## Anexo 2.

### Método da Função da Produção (MFP)

O Método da Função da Produção (MFP), também chamado de método da produtividade marginal, ou método da função dose-resposta, baseia-se na premissa fundamental de que o serviço ecossistêmico é ou pode ser considerado insumo da atividade econômica. Nesses termos, uma variação na quantidade ou qualidade desse serviço ecossistêmico – a “dose” – implicará em uma variação na produtividade da atividade econômica dele dependente – a “resposta”.

A etapa crítica da aplicação deste método, portanto, é a determinação da relação entre o serviço ecossistêmico e a produtividade da atividade econômica que está sendo avaliada, a chamada “função dose-resposta”. A valoração econômica do serviço ecossistêmico (a dose) é dada então pela estimativa dos valores monetários de perda ou ganho de atividade econômica (a resposta). Ou seja, as perdas ou ganhos financeiros da atividade econômica analisada são adotados como estimativas do valor monetário da variação de quantidade ou qualidade do serviço ecossistêmico do qual tal atividade econômica depende.

A função dose-resposta é normalmente obtida por meio de métodos estatísticos de regressão simples ou múltipla. Adota-se regressão simples se for possível assumir que o serviço ecossistêmico em questão é o único fator determinante da resposta observada. Se houver qualquer outro fator influenciando a resposta que se pretende valorar, será necessário mensurá-lo e incluí-lo na análise, o que pedirá métodos de regressão múltipla.

Exemplos da aplicação deste método podem ser encontrados em **Métodos para a quantificação e valoração econômica de serviços ecossistêmicos**, na seção sobre regulação da polinização.

### Anexo 3.

#### Método de Custos Evitados (MCE)

O Método de Custos Evitados (MCE), também chamado de método de gastos preventivos ou defensivos, fundamenta-se na premissa de que gastos preventivos com produtos ou serviços substitutos (ou, raramente, complementares) a um determinado serviço ecossistêmico podem ser entendidos como estimativas do valor monetário do benefício que esse serviço ecossistêmico representa. Assim, investimentos na prevenção de perdas para os negócios ou para a sociedade em função de variações de quantidade ou qualidade de serviços ecossistêmicos constituem estimativas plausíveis dos benefícios que esses serviços ecossistêmicos representam.

O MCE pode ser utilizado para estimar custos da prevenção de perdas de serviços ecossistêmicos ou impactos delas decorrentes que poderiam ou podem ocorrer no futuro (abordagem *ex-ante*), ou pode ser utilizado para estimar valores que seriam desembolsados com prevenção de perdas de serviços ecossistêmicos ou seus impactos que já tenham ocorrido (abordagem *ex-post*). Normalmente, não pede análises matemáticas ou estatísticas complexas e a determinação final do valor econômico associado ao serviço ecossistêmico se dá pela somatória dos valores dos custos com prevenção de perdas em quantidade ou qualidade de serviços ecossistêmicos ou dos impactos negativos delas decorrentes. Em algumas situações, entretanto, análises de regressão múltiplas podem ser necessárias.

Enfim, o MCE é bastante semelhante ao MCR (Anexo 1). A diferença fundamental seria que o MCE estima valores relacionados à prevenção de perdas, enquanto o MCR estima valores relacionados à recuperação dessas perdas. Alguns autores, entretanto, consideram que a estimativa de danos potenciais (*ex-ante*), nos moldes do MCR, pode ser considerada uma estimativa de custos evitados.

Exemplos da aplicação deste método podem ser encontrados em **Métodos para a quantificação e valoração econômica de serviços ecossistêmicos**, nas seções sobre regulação da qualidade da água e regulação da assimilação de efluentes.

### Anexo 4.

#### Método de Custo de Oportunidade (MCO)

O custo de oportunidade é definido como a melhor alternativa da qual se desiste quando uma escolha é feita. Pode ser calculado como a diferença entre a opção que foi feita (atual) e sua melhor alternativa econômica: opção atual – melhor alternativa econômica. Nesses termos, o custo de oportunidade pode ser visto como uma medida de valor de renda sacrificada.

Este método (MCO) tem sido muito utilizado para valorar usos de solo, sendo a base da maioria dos sistemas de pagamentos por serviços ambientais no Brasil. Costuma ser de fácil aplicação, à medida que a renda sacrificada seja de fácil estimação.

Sua principal fragilidade está em não ser sensível à intensidade dos benefícios ou danos ambientais gerados na área que está sendo valorada. Em outras palavras, não importa quantas externalidades positivas uma determinada área gere, ou quão importantes elas sejam para seus beneficiários: a renda sacrificada em relação à alternativa de uso econômico mais vantajosa para essa área é a mesma. De fato, esse custo de oportunidade apenas se alteraria se os preços no mercado que forma essa renda alternativa também se alterassem. Entretanto, esses preços podem ser parcial ou completamente independentes da geração de externalidades na área analisada.

O mesmo raciocínio pode ser feito para externalidades negativas.

Exemplos da aplicação deste método podem ser encontrados no capítulo **Métodos para a quantificação e valoração econômica de serviços ecossistêmicos**, nas seções sobre provisão de biomassa combustível e recreação e turismo.

## Anexo 5.

### Custo Social do Carbono (CSC)

O Custo Social do Carbono (CSC) é um parâmetro que representa o custo estimado dos prováveis impactos da adição de uma tonelada de carbono na atmosfera – sob a forma de CO<sub>2</sub> – na produtividade agrícola, na saúde humana, além de danos a propriedades públicas ou privadas associados a riscos de enchentes e outros impactos relacionados às mudanças do clima e que possam ser mensurados e valorados monetariamente. A estimação dos valores monetários dos custos relacionados a esses impactos pode ser feita com diferentes métodos, como Custos de Reposição (MCR – Anexo 1) e Custos Evitados (MCE – Anexo 3).

Existem diversas estimativas de CSC, produzidas por diversas fontes, tais como Stern (2007), IWGSCC (2013), PwC (2015), Nordhaus (2017) e Ricke et al. (2018). As estimativas desses estudos não são diretamente comparáveis, pois foram produzidas em anos diferentes.

Para estas diretrizes, foi adotada a estimativa de Nordhaus (2017) para o ano de 2020, baseada em uma taxa de desconto de 3,00% a.a.: **USD 87,30**. Essa estimativa é baseada na versão mais recente do modelo DICE, e representa um valor conservador se comparado com a estimativa de Ricke et al. (2018) (USD 406,00, para a mesma taxa de desconto).

Para análises dinâmicas onde serão feitas projeções em tempo futuro, o valor de CSC deve ser corrigido a uma taxa real de 3% a.a., conforme Nordhaus (2017).

## Anexo 6.

### Método de Custo de Viagem (MCV)

O Método de Custo de Viagem (MCV) é baseado na revelação das preferências das pessoas por meio de tempo e gastos realizados em viagens para fins de recreação, lazer e turismo. Trata-se, portanto, de um método que busca estimar o valor econômico do serviço ecossistêmico por meio da curva de demanda por esse serviço. A premissa fundamental é que tais gastos refletem, no mínimo, os benefícios proporcionados por localidades que permitem atividades de recreação, lazer e ecoturismo.

O MCV considera o comportamento real, ou seja, os gastos efetivos das pessoas em vez de estimativas de gastos que as pessoas estão dispostas a fazer para desfrutar dos benefícios de áreas de lazer e ecoturismo. Em geral, tanto o método quanto a interpretação dos resultados obtidos são simples. Os dados normalmente são levantados via questionário ou entrevistas com visitantes da área que está sendo avaliada. O questionário ou as entrevistas devem obter, no mínimo, informações sobre:

1. Gastos incorridos com deslocamento (combustíveis, pedágios, aluguel de carros, passagens, etc.);
2. Gastos com estadia e alimentação (hotéis, refeições, lanches, mesmo que comprados ainda antes da viagem); e
3. Gastos com taxas de acesso à área (ingresso, licenças anuais, etc.).

Com esses dados é possível estimar o valor econômico do serviço ecossistêmico para aqueles que visitaram a área. Caso haja interesse em extrapolar o resultado para um grupo de pessoas ainda maior, como as populações de cidades do entorno, as seguintes informações também devem ser obtidas: origem do visitante; frequência com que visita a área; renda; idade; gênero; e nível educacional.

Com informações sobre essas nove variáveis, em uma amostra representativa de questionários/entrevistas, será possível estimar um modelo estatístico, via análise de regressão multivariada, que permitirá a extrapolação dos resultados para um universo maior de pessoas.

Portanto, o levantamento de dados mais precisos depende de haver controle do acesso à área cujos serviços ecossistêmicos serão valorados. Outras formas de obter esse tipo de dado, que não no dia de acesso à área, tendem a apresentar resultados distorcidos, pois as pessoas podem não se lembrar mais dos gastos incorridos ou podem se confundir e passar informações equivocadas.

Uma aplicação mais complexa do MCV pode incluir custos de oportunidade relacionados ao valor-hora de recreação, lazer e turismo de uma pessoa. Esses custos de oportunidade poderiam ser obtidos caso os visitantes tivessem deixado de realizar outras atividades econômicas para visitar a área.

Um dos principais desafios do MCV é a atribuição de custos para viagens com múltiplos destinos ou com múltiplos propósitos. Atenção especial deve ser dada à formulação do questionário e ao cálculo da proporcionalidade dos custos de viagem diretamente relacionados à visita à área onde o serviço ecossistêmico será valorado.

Exemplos da aplicação deste método podem ser encontrados no capítulo **Métodos para a quantificação e valoração econômica de serviços ecossistêmicos**, na seção sobre recreação e turismo.

## Anexo 7.

### Método de Preços Hedônicos (MPH)

O Método de Preços Hedônicos busca inferir o valor de um atributo ambiental (que invariavelmente pode ser definido na forma de serviços ecossistêmicos) por meio da variação de preços de produtos ou serviços regularmente comercializados em mercado e que normalmente são necessários para que esse atributo ambiental seja desfrutado. Tais bens e serviços de mercado são então considerados complementares ao atributo ambiental. A lógica básica é que determinados atributos ambientais influenciam os preços desses bens e/ou serviços complementares.

Um exemplo prático é a estimativa do valor de serviços ecossistêmicos culturais como beleza cênica, educação ambiental ou recreação e lazer associados a um parque com base na variação dos preços dos imóveis ao seu redor. Nesse caso, o preço dos imóveis mais próximos do parque tende a ser maior, já que a proximidade facilita o desfrute do parque, especialmente no que se refere a sua beleza cênica.

Trata-se, portanto, de um método de preferência revelada. A estimativa de valor econômico do atributo ambiental (que pode ser definido na forma de serviço ecossistêmico) a partir de dados brutos não é trivial e pede um tratamento estatístico rigoroso para controlar os demais fatores que possam estar influenciando os preços dos bens complementares a partir dos quais o valor do atributo ambiental será estimado.



Realização:



Avenida 9 de Julho, 2029 - 11º andar  
São Paulo/SP - Brasil

[www.fgv.br/ces](http://www.fgv.br/ces)



Parceria:

Por ordem do



Ministério Federal  
do Meio Ambiente, Proteção da Natureza  
e Segurança Nuclear

da República Federal da Alemanha

Por meio da



Deutsche Gesellschaft  
für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



Confederação Nacional da Indústria

CNI. A FORÇA DO BRASIL. INDÚSTRIA

MINISTÉRIO DO  
MEIO AMBIENTE



PÁTRIA AMADA  
**BRASIL**  
GOVERNO FEDERAL