

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE - FACE
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

MESTRADO EM GESTÃO ECONÔMICA DO MEIO AMBIENTE

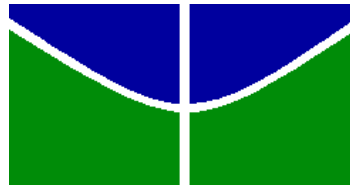
Descontar ou Não Descontar?

Como ponderar custos e benefícios ambientais futuros.

Fabiana Gomes de Campos

Brasília/DF

2026



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE - FACE
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

MESTRADO EM GESTÃO ECONÔMICA DO MEIO AMBIENTE

Descontar ou Não Descontar?

Como ponderar custos e benefícios ambientais futuros.

Fabiana Gomes de Campos

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Gestão Econômica do Meio Ambiente do Programa de Pós-Graduação em Economia do Departamento de Economia da Universidade de Brasília.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Madeira Nogueira.

Brasília/DF

2026

DESCONTAR OU NÃO DESCONTAR? COMO PONDERAR CUSTOS E
BENEFÍCIOS AMBIENTAIS FUTUROS

FABIANA GOMES DE CAMPOS

Dissertação aprovada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Gestão Econômica do Meio Ambiente do Programa de Pós-Graduação em Economia – Departamento de Economia da Universidade de Brasília, por intermédio do Centro de Estudos em Economia, Meio Ambiente e Agricultura (CEEMA). Comissão Examinadora formada pelos professores:

Prof. Dr. Jorge Madeira Nogueira
Departamento de Economia da Universidade de Brasília
Orientador

Prof. Dr.
Departamento de Economia da Universidade de Brasília

Prof. Dr.
Departamento de Economia da Universidade de Brasília

Brasília, 02 de abril de 2026.

RESUMO

A avaliação econômica de projetos que envolvem impactos ambientais de longo prazo apresenta desafios relevantes no que se refere à adequada ponderação dos custos e benefícios futuros, especialmente no âmbito da análise custo-benefício aplicada a políticas públicas e projetos de infraestrutura. Nesse contexto, a taxa social de desconto constitui parâmetro central do processo decisório, pois determina o peso atribuído aos impactos intertemporais e influencia diretamente a percepção da viabilidade econômica dos investimentos. A presente dissertação tem como objetivo examinar a adequação conceitual e metodológica dos critérios utilizados na ponderação de custos e benefícios ambientais em análises econômicas de projetos, com ênfase na discussão sobre o tratamento do desconto aplicado aos recursos naturais e aos ativos ambientais. A pesquisa caracteriza-se como estudo de natureza aplicada, com abordagem qualitativa e caráter exploratório e analítico, fundamentado em revisão bibliográfica e documental de literatura nacional e internacional, incluindo artigos científicos, livros, manuais técnicos e diretrizes institucionais relacionadas à avaliação econômica de projetos e à sustentabilidade. A análise desenvolvida baseia-se na interpretação crítica dos fundamentos teóricos da economia do bem-estar, da economia ambiental e da economia ecológica, buscando identificar convergências e limitações associadas ao tratamento dos bens ambientais em análises de viabilidade econômica. Os resultados indicam que a utilização de taxas de desconto uniformes pode conduzir à subavaliação dos bens e serviços ambientais, especialmente quando as externalidades incidem sobre ativos ambientais insubstituíveis — ou de substituíbilidade extremamente limitada — e se manifestam em horizontes temporais de análise muito extensos. Nessas circunstâncias, a aplicação de taxas de desconto idênticas àsquelas utilizadas para o capital econômico convencional tende a distorcer a avaliação intertemporal dos impactos ambientais, podendo resultar em decisões incompatíveis com os princípios de sustentabilidade e equidade intergeracional. Conclui-se, portanto, que externalidades associadas a bens e ativos ambientais de natureza crítica, e de longa duração, devem ser avaliadas mediante critérios diferenciados de desconto — taxa dupla de desconto —, distintos daqueles aplicáveis ao capital econômico reprodutível, de modo a refletir adequadamente sua relevância ecológica, sua irreversibilidade potencial e sua função na manutenção do bem-estar das gerações presentes e futuras. Tal abordagem constitui um aperfeiçoamento

metodológico das análises de viabilidade econômica e contribui para a incorporação mais consistente da sustentabilidade no processo de tomada de decisão pública.

Palavras-chave: análise custo-benefício; taxa social de desconto; sustentabilidade intergeracional; capital natural; avaliação econômica de projetos.

ABSTRACT

The economic evaluation of projects involving long-term environmental impacts presents significant challenges regarding the appropriate weighting of future costs and benefits, particularly within the framework of cost–benefit analysis applied to public policies and infrastructure projects. In this context, the social discount rate constitutes a central parameter in the decision-making process, as it determines the weight assigned to intertemporal impacts and directly influences the perceived economic viability of investments. This dissertation aims to examine the conceptual and methodological adequacy of the criteria used in weighting environmental costs and benefits in economic project appraisal, with emphasis on the discussion of how discounting should be applied to natural resources and environmental assets. The research is characterized as an applied study, with a qualitative approach and an exploratory and analytical nature, grounded in a bibliographic and documentary review of national and international literature, including scientific articles, books, technical manuals, and institutional guidelines related to project appraisal and sustainability. The analysis developed is based on the critical interpretation of the theoretical foundations of welfare economics, environmental economics, and ecological economics, seeking to identify convergences and limitations associated with the treatment of environmental goods in economic feasibility assessments. The results indicate that the use of uniform discount rates may lead to the undervaluation of environmental goods and services, particularly when externalities affect irreplaceable environmental assets — or assets with extremely limited substitutability — and manifest themselves over very long analytical time horizons. Under such circumstances, applying discount rates identical to those used for conventional economic capital tends to distort the intertemporal evaluation of environmental impacts, potentially resulting in decisions that are inconsistent with the principles of sustainability and intergenerational equity. It is therefore concluded that externalities associated with critical and long-lasting environmental goods and assets should be evaluated using differentiated discounting criteria — dual discount rates — distinct from those applicable to reproducible economic capital, in order to adequately reflect their ecological relevance, their potential irreversibility, and their role in maintaining the well-being of present and future generations. Such an approach represents a methodological improvement in economic feasibility analysis and contributes to a

more consistent incorporation of sustainability into the public decision-making process.

Keywords: cost-benefit analysis; social discount rate; intergenerational sustainability; natural capital; economic evaluation of projects.

Lista de Figuras

Figura 1 - Estrutura Conceitual das Abordagens da Economia Ambiental e da Economia Ecológica no Contexto da Sustentabilidade	29
Figura 2 - Resumo dos Custos de Investimento – CAPEX.	74
Figura 3 - Fator de Correção dos Valores Correntes a Valores a Custo de Fatores (IPR - 727. DNIT, 2006).	74
Figura 4 - Discriminação do Investimento por ano, a custo de fatores.....	75
Figura 5 - Valores dos Custos de Investimento, Benefícios Socioeconômicos e Fluxo de Caixa	77
Figura 6 - Impacto no VPL da Variação da Taxa de Desconto sobre Benefícios Ambientais.....	79

Lista de Quadros

Quadro 1 - Escolas do Pensamento Econômico e sua relação com o Meio Ambiente	17
Quadro 2 - Economia Ambiental X Economia Ecológica.....	29
Quadro 3 - Estrutura geral da Análise Custo-Benefício.....	40
Quadro 4 - Classificação dos Métodos de Valoração.....	53
Quadro 5 - Abordagens alternativas ao desconto tradicional em projetos ambientais	65
Quadro 6 - Lógica econômica da taxa dupla de desconto.	66

Sumário

RESUMO.....	4
ABSTRACT	6
Lista de Figuras.....	8
Lista de Quadros	9
Sumário	10
1. INTRODUÇÃO	12
2. MEIO AMBIENTE E ECONOMIA	17
2.1. Economia Ambiental Neoclássica	20
2.2. Economia Ecológica	22
2.3. Da Eficiência Econômica aos Limites Biofísicos.....	24
2.4. Sustentabilidade Fraca, Sustentabilidade Forte e Desconto	25
3. AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE PROJETOS	30
3.1. A Guisa de Introdução.....	30
3.1.1. A escolha pela Análise Custo-benefício	36
3.2. Análise Custo-benefício - ACB	37
3.2.1. Distinção entre análise financeira e análise econômica	38
3.2.2. Estrutura metodológica da Análise Custo-Benefício.....	39
3.3. Análise Custo-benefício e o Meio Ambiente	45
3.4. Métodos de Valoração Ambiental e sua Relevância para a Análise Custo-Benefício	50
4. TAXA DE DESCONTO	54
4.1. Fundamentos e Relevância na Análise Custo-Benefício	54
4.2. Aspectos Conceituais Básicos.....	57
4.2.1. O Desconto.....	57
4.2.2. Preferência Temporal Social	59
4.2.3. Custo de Oportunidade	60

4.2.4. A abordagem de Ramsey para a taxa social de desconto e a equidade intergeracional.....	62
4.3. Desconto e o Meio Ambiente.....	63
4.3.1. A Taxa Dupla de Desconto.....	65
5. ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA E AMBIENTAL: O DESCONTO NA PRÁTICA.....	69
5.1. Razões normativas e técnicas para a estruturação de um Estudo de Viabilidade Econômica	69
5.2. Objetivos e funções do estudo de viabilidade econômica	70
5.3. Estrutura metodológica do EVTEA.....	70
5.4. Metodologia de cálculo do fluxo de caixa socioeconômico	71
5.5. Estudo de caso — Aplicação prática da Análise Custo-Benefício no projeto Açailândia–Barcarena	72
5.6. Estrutura da análise realizada no estudo de Açailândia	73
5.6.1. O Fluxo de Caixa.....	76
5.7. Taxa de desconto adotada na análise.....	78
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	81
6.1. Caminho a Trilhar.....	83
7. CONCLUSÃO.....	86
REFERÊNCIAS.....	88
Apêndice A – Técnicas de Valoração Econômica do Meio Ambiente	93

1. INTRODUÇÃO

A crescente intensificação das atividades econômicas e a ampliação da escala de uso dos recursos naturais têm evidenciado a necessidade de incorporar, de forma apropriada, os impactos ambientais nos processos de avaliação econômica de projetos. Nesse contexto, a análise custo-benefício (ACB) consolidou-se como instrumento central de apoio à tomada de decisão pública, especialmente em setores de infraestrutura, nos quais os investimentos apresentam impactos econômicos, sociais e ambientais de longo prazo. Conforme destacado na literatura, a avaliação econômica de projetos visa identificar alternativas capazes de promover o melhor uso dos recursos escassos, maximizando o bem-estar social ao longo do tempo.

Entretanto, a aplicação da ACB em projetos que envolvem recursos ambientais suscita desafios conceituais e metodológicos relevantes, particularmente no que se refere à adequada ponderação dos custos e benefícios ambientais futuros. Esses desafios decorrem, em grande medida, das divergências econômicas teóricas entre as abordagens da economia ambiental neoclássica e da economia ecológica, sobretudo quanto à possibilidade de substituição entre capital natural e capital produzido e à necessidade de preservar determinados componentes do capital natural como condição para a sustentabilidade de longo prazo.

Nesse cenário, a taxa social de desconto emerge como um dos parâmetros mais sensíveis da avaliação econômica, uma vez que determina o peso atribuído aos impactos futuros no processo decisório. A escolha dessa taxa não constitui apenas um problema técnico, mas envolve também considerações éticas relacionadas à equidade intergeracional e à preservação do capital natural, podendo influenciar diretamente a seleção de projetos e a sustentabilidade das decisões públicas.

Assim, a presente dissertação insere-se no debate contemporâneo sobre a necessidade de aprimorar os instrumentos de avaliação econômica de projetos, especialmente no que concerne à adequada consideração dos bens e ativos ambientais em análises de viabilidade econômica.

Nesse contexto, emerge a preocupação de que a utilização de uma taxa de desconto uniforme na análise custo-benefício de projetos de infraestrutura possa conduzir à subestimação do valor econômico dos bens e ativos ambientais, especialmente quando os impactos associados a esses recursos se manifestam em

horizontes temporais longos. Tal prática pode resultar em decisões inconsistentes com os princípios de sustentabilidade e de equidade intergeracional, ao reduzir o peso atribuído às externalidades ambientais futuras no processo decisório e, conseqüentemente, favorecer alternativas que priorizam ganhos imediatos em detrimento da conservação do capital natural.

Diante desse desafio, sustenta-se, nesta pesquisa, que a adoção de critérios diferenciados de desconto para recursos ambientais constitui abordagem metodológica mais adequada para a avaliação econômica de projetos com impactos de longo prazo. Essa proposição fundamenta-se na premissa de que determinados componentes do capital natural apresentam baixa substitutabilidade e desempenham funções essenciais à manutenção do bem-estar humano e à estabilidade dos sistemas ecológicos, exigindo, portanto, tratamento específico no processo de avaliação econômica, de modo a assegurar decisões compatíveis com os objetivos de desenvolvimento sustentável e com a responsabilidade intergeracional.

Por fim, destaca-se que a presente pesquisa não tem por objetivo estimar empiricamente uma taxa de desconto específica, mas examinar a adequação conceitual e metodológica dos critérios utilizados na ponderação de custos e benefícios ambientais em análises econômicas de projetos. Busca-se, assim, contribuir para o aprimoramento do debate acadêmico e institucional sobre a incorporação da sustentabilidade e da equidade intergeracional no processo de tomada de decisão pública, especialmente por meio da consideração diferenciada do desconto aplicado aos distintos tipos de capital.

- *Métodos e Procedimentos*

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo de natureza aplicada, com abordagem predominantemente qualitativa e fundamentação teórica no campo da economia do meio ambiente, da economia ecológica e da avaliação econômica de projetos. O trabalho possui caráter exploratório e analítico, uma vez que busca compreender e examinar criticamente os fundamentos conceituais e metodológicos associados à utilização da taxa social de desconto na análise custo-benefício.

Do ponto de vista metodológico, a pesquisa baseia-se em revisão bibliográfica e documental, com análise sistemática de literatura nacional e internacional relevante ao tema, incluindo artigos científicos, livros, manuais técnicos e documentos institucionais relacionados à avaliação econômica de projetos e à aplicação de

desconto sobre externalidades ambientais. A análise documental também contempla normas técnicas, diretrizes metodológicas e recomendações de organismos nacionais e internacionais que orientam a aplicação da análise custo-benefício em projetos de infraestrutura, particularmente no setor de transportes, no qual a avaliação econômica constitui instrumento essencial de apoio à tomada de decisão quanto ao uso eficiente de recursos escassos e à maximização do bem-estar social.

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, a pesquisa adota abordagem dedutiva, partindo de fundamentos teóricos gerais da economia do bem-estar e da sustentabilidade para examinar sua aplicação em contextos específicos de avaliação econômica de projetos. A análise desenvolvida baseia-se na interpretação crítica da literatura e na comparação entre diferentes abordagens metodológicas, buscando identificar convergências, divergências e limitações conceituais associadas ao tratamento dos bens ambientais nas análises de viabilidade econômica.

- *Estrutura da Dissertação*

A presente dissertação está organizada em seis capítulos, estruturados de forma progressiva, de modo a conduzir o leitor desde a fundamentação teórica sobre a relação entre economia e meio ambiente até a análise aplicada da taxa de desconto na avaliação econômica de projetos com impactos ambientais de longo prazo, culminando nas considerações finais e na conclusão da pesquisa.

O Capítulo 1 – Introdução apresenta o contexto geral da pesquisa, destacando que a crescente intensificação das atividades econômicas e a ampliação da escala de uso dos recursos naturais têm evidenciado a necessidade de incorporar, de forma apropriada, os impactos ambientais nos processos de avaliação econômica de projetos. A introdução delimita o objetivo da pesquisa e sustenta a hipótese de que a adoção de critérios diferenciados de desconto para recursos ambientais pode constituir abordagem metodológica mais consistente com os princípios de sustentabilidade e equidade intergeracional, estabelecendo, assim, o referencial analítico que orienta o desenvolvimento dos capítulos subsequentes da dissertação.

O Capítulo 2 – Meio Ambiente e Economia apresenta a evolução do pensamento econômico acerca da relação entre o sistema econômico e o meio ambiente, abordando as principais correntes teóricas da economia do meio ambiente, com destaque para a economia ambiental neoclássica e a economia ecológica. Nesse capítulo, são discutidos conceitos fundamentais, como capital natural, externalidades

e sustentabilidade, além da distinção entre sustentabilidade fraca e sustentabilidade forte, estabelecendo as bases conceituais necessárias para a compreensão da importância da adequada consideração dos recursos ambientais no processo de decisão econômica.

O Capítulo 3 – Avaliação Econômica de Projetos examina os fundamentos da avaliação econômica de projetos como instrumento de apoio à tomada de decisão pública em contextos de escassez de recursos. São apresentadas as principais metodologias de avaliação econômica aplicáveis a projetos de infraestrutura, incluindo análise de minimização de custos, análise custo-efetividade, análise multicritério e análise custo-benefício, com ênfase nesta última como ferramenta central para a comparação sistemática de custos e benefícios ao longo do tempo e para a promoção do uso eficiente dos recursos disponíveis.

O Capítulo 4 – Taxa de Desconto aprofunda a análise do papel da taxa social de desconto na avaliação econômica de projetos e na ponderação intertemporal dos impactos ambientais. São discutidos seus fundamentos conceituais, a preferência temporal social, o custo de oportunidade, a abordagem de Ramsey e a relação entre desconto, sustentabilidade e equidade intergeracional. O capítulo também examina as limitações associadas à aplicação de taxas de desconto uniformes e apresenta o debate sobre a adoção de tratamento diferenciado para benefícios e custos ambientais em horizontes temporais longos.

O Capítulo 5 – Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental: o desconto na prática apresenta a dimensão aplicada da pesquisa, examinando a estrutura metodológica do EVTEA e o papel da análise custo-benefício na avaliação socioeconômica de projetos de infraestrutura. Nesse capítulo, são expostas as razões normativas e técnicas para a elaboração do estudo de viabilidade econômica, os objetivos e funções do EVTEA, a metodologia de cálculo do fluxo de caixa socioeconômico e, por fim, o estudo de caso referente ao projeto Açailândia-Barcarena. A partir dessa aplicação prática, a dissertação demonstra como a taxa de desconto influencia os resultados da análise e como a utilização de critérios diferenciados para externalidades ambientais pode alterar de forma relevante os indicadores de viabilidade econômica.

O Capítulo 6 – Considerações Finais sistematiza os principais achados da pesquisa à luz da discussão teórica e da aplicação empírica desenvolvida ao longo do

trabalho. Nesse capítulo, destaca-se que a adequada consideração dos custos e benefícios ambientais futuros constitui elemento essencial para a consistência metodológica da análise custo-benefício e para a promoção de decisões compatíveis com os princípios da sustentabilidade e da equidade intergeracional.

Por fim, o Capítulo 7 – Conclusão apresenta a síntese final da dissertação, retomando a questão central da pesquisa e a hipótese formulada, bem como explicitando as contribuições conceituais e metodológicas do estudo para o aprimoramento das práticas de avaliação econômica de projetos. Nesse encerramento, reforça-se que o desafio contemporâneo não reside em decidir simplesmente entre descontar ou não descontar, mas em definir critérios de desconto que permitam ponderar adequadamente os bens e ativos ambientais no processo de tomada de decisão pública.

2. MEIO AMBIENTE E ECONOMIA

A interação entre a economia e o meio ambiente remonta à época das antigas civilizações. Já naquele período era percebida a influência da sociedade e de sua organização produtiva sobre os fatores ambientais. Relatos históricos indicam que, ainda na Antiguidade, foram observados efeitos da ação humana sobre o meio natural, como a degradação do solo e a redução da disponibilidade hídrica decorrentes do desflorestamento, fenômenos descritos por Platão por volta de 400 a.C. (Gómez-Baggethun et al., 2010).

A preocupação com a relação entre a atividade econômica e os recursos naturais, contudo, passou a ser sistematizada no pensamento econômico apenas com o desenvolvimento da economia política clássica. Nesse contexto, a natureza, representada principalmente pela terra, era reconhecida como fator essencial de produção e fonte de riqueza, ao lado do trabalho e, posteriormente, do capital. Os economistas clássicos atribuíam relevância significativa aos recursos naturais para o bem-estar humano, considerando-os determinantes para a produção e para a geração de renda (Tisdell, 2005).

Gómez-Baggethun et al. (2010) realizaram uma análise histórica sobre a presença do conceito de capital natural na literatura econômica, desde a economia clássica até o surgimento do moderno campo de pesquisa sobre serviços ecossistêmicos. Os resultados dessa análise encontram-se sintetizados no Quadro 1.

Quadro 1 - Escolas do Pensamento Econômico e sua relação com o Meio Ambiente

<i>Período</i>	<i>Escola do Pensamento</i>	<i>Conceituação da Natureza</i>	<i>Relação Valor-Meio Ambiente</i>
<i>Séc. 19</i>	Clássicos	Terra como fator de produção, gerador de renda.	Teoria do Valor Trabalho/Benefícios da Natureza como valores de uso
<i>Séc. 20</i>	Neoclássicos	Terra é removida da função de produção.	Terras como substituíveis pelo Capital
<i>1960 em diante</i>	Economia Ambiental e dos Recursos Naturais	Capital Natural é substituível pelo Capital Manufaturado.	Bens e Serviços Ambientais são valorados e transacionados
	Economia Ecológica	Capital Natural complementa o Capital Manufaturado.	Controvérsia ética sobre a valoração e mercantilização de bens e serviços ambientais

Fonte: Gómez-Baggethun et al. (2010:1210), com adaptações.

Ainda segundo esses autores, a escola clássica considerava o capital natural, representado pela terra, como elemento digno de incorporação na função de produção, em virtude dos serviços que fornecia ao sistema econômico. Nesse período, a terra era entendida como um insumo essencial, cuja disponibilidade

limitada implicava restrições físicas ao crescimento econômico, uma vez que se tratava de um fator finito e não produzido pelo homem (Tisdell, 2005).

Cabe destacar que, mesmo a economia clássica reconhecendo a relevância dos recursos naturais para o sistema produtivo, sua análise estava predominantemente associada à utilidade econômica proporcionada aos indivíduos. A evolução do pensamento econômico ao longo do século XIX, com a consolidação da teoria do valor de troca, associada ao rápido crescimento industrial e ao desenvolvimento tecnológico, contribuiu para uma progressiva dissociação entre o sistema econômico e o capital natural. Nesse processo, a ênfase deslocou-se da disponibilidade física dos recursos naturais para a capacidade tecnológica e para a acumulação de capital como motores do crescimento econômico (Sagoff, 2004).

Com a consolidação da teoria neoclássica no século XX, passou a ser admitida, de forma mais explícita, a hipótese de substitutabilidade entre o capital natural e o capital manufaturado, premissa que se tornou central para a análise econômica convencional. Nessa perspectiva, a escassez de recursos naturais poderia ser compensada pelo avanço tecnológico e pela acumulação de capital produzido, permitindo a manutenção do crescimento econômico ao longo do tempo (Solow, 1974; Perman et al., 2003).

Esse novo pressuposto contribuiu para a retirada gradual dos recursos naturais da função de produção tradicional e para a consolidação da ideia de que o progresso tecnológico seria capaz de superar eventuais restrições impostas pela disponibilidade de recursos naturais. Conforme argumentado por Solow (1974), a sustentabilidade do consumo ao longo do tempo dependeria fundamentalmente da capacidade de substituir recursos naturais por capital produzido e de manter o estoque total de capital da economia (Perman et al., 2003).

Nesse contexto, consolidou-se a visão de que o crescimento econômico poderia ocorrer de forma contínua, desde que o sistema econômico mantivesse sua capacidade produtiva por meio da reposição do capital total. Essa abordagem deu origem ao conceito de sustentabilidade fraca, segundo o qual diferentes formas de capital — natural e produzido — podem substituir-se mutuamente, desde que o valor agregado do estoque total de capital seja preservado (Mueller, 2008).

Na segunda metade do século XX, entretanto, o aumento da escala da atividade econômica e a intensificação dos impactos ambientais levaram ao surgimento de

novas abordagens teóricas dedicadas à análise das inter-relações entre o sistema econômico e o meio ambiente. Até então, a análise econômica tradicional tratava o sistema econômico como um sistema relativamente isolado, desconsiderando, em grande medida, os efeitos ambientais associados à produção e ao consumo (Mueller, 2008).

A partir da década de 1960, com a crescente percepção dos impactos ambientais decorrentes do crescimento econômico, começaram a se consolidar subdisciplinas econômicas voltadas especificamente para o estudo das questões ambientais. Esse movimento deu origem à economia do meio ambiente, que passou a incorporar conceitos como externalidades, poluição e uso eficiente dos recursos naturais no escopo da análise econômica (Stern e Coria, 2011).

Posteriormente, divergências teóricas acerca da importância relativa do capital natural e dos limites físicos ao crescimento econômico conduziram à formação de duas correntes distintas dentro do campo da economia do meio ambiente: a economia ambiental neoclássica e a economia ecológica.

A economia ambiental neoclássica busca compatibilizar o crescimento econômico com a conservação ambiental por meio da internalização de externalidades e do uso de instrumentos econômicos, assumindo que o mercado, quando corretamente regulado, é capaz de alocar recursos de forma eficiente e promover o uso sustentável dos recursos naturais (Stern e Coria, 2011).

Por sua vez, a economia ecológica adota uma abordagem mais abrangente, considerando o sistema econômico como um subsistema inserido em um sistema ecológico maior, caracterizado por fluxos contínuos de energia e matéria entre a economia e o meio ambiente. Nessa perspectiva, o capital natural é entendido como componente essencial do sistema produtivo e sua degradação pode comprometer a capacidade de sustentação da atividade econômica no longo prazo (Mueller, 2008; Georgescu-Roegen, 2012).

Assim, enquanto a economia ambiental neoclássica enfatiza a possibilidade de substituição entre diferentes formas de capital e a eficiência dos mecanismos de mercado, a economia ecológica destaca os limites físicos impostos pela finitude dos recursos naturais e a necessidade de preservar o estoque de capital natural como condição para a sustentabilidade de longo prazo.

2.1. Economia Ambiental Neoclássica

A economia ambiental neoclássica emerge como um desdobramento da teoria econômica tradicional, incorporando explicitamente as questões ambientais ao arcabouço analítico da economia do bem-estar. Essa vertente teórica desenvolveu-se de forma mais sistemática a partir das décadas de 1950 e 1960, quando o aumento da escala da atividade econômica e a intensificação dos impactos ambientais passaram a exigir instrumentos analíticos capazes de lidar com problemas de poluição e degradação ambiental (Pearce, 2002). A consolidação dessa subdisciplina ocorreu no contexto do surgimento de instituições dedicadas à análise econômica de recursos naturais e meio ambiente, como a Resources for the Future, criada nos Estados Unidos no início da década de 1950.

A principal contribuição da economia ambiental neoclássica consiste na interpretação dos problemas ambientais como falhas de mercado, decorrentes, sobretudo, da presença de externalidades negativas associadas à produção e ao consumo. Nessas situações, os custos sociais da atividade econômica não são integralmente refletidos nos preços de mercado, resultando em níveis de produção e consumo superiores aos socialmente desejáveis (Pigou, 1932; Perman et al., 2003). A teoria das externalidades tornou-se, assim, um dos fundamentos centrais da economia ambiental, ao demonstrar que a presença de efeitos externos pode conduzir a níveis subótimos de bem-estar social quando não internalizados adequadamente pelo sistema econômico.

Nesse contexto, a economia ambiental neoclássica passou a enfatizar a necessidade de intervenção pública para corrigir as distorções geradas pelas falhas de mercado, por meio da implementação de instrumentos econômicos capazes de internalizar os custos ambientais. Entre os principais instrumentos utilizados destacam-se os impostos ambientais, as taxas sobre emissões e os sistemas de permissões negociáveis, mecanismos que buscam alinhar os incentivos individuais com os objetivos coletivos de proteção ambiental (Pearce, 2002). A adoção desses instrumentos reflete a aplicação prática dos princípios da economia ambiental na formulação de políticas públicas, sendo amplamente utilizada em diversos países como estratégia para controlar a poluição e promover o uso eficiente dos recursos naturais.

Além da internalização de externalidades, a economia ambiental neoclássica atribui papel central à valoração econômica dos bens e serviços ambientais, considerando que a mensuração monetária dos impactos ambientais constitui condição necessária para a tomada de decisões racionais em contextos de escassez de recursos. Nesse sentido, a análise custo-benefício tornou-se um dos principais instrumentos metodológicos utilizados para avaliar projetos e políticas públicas que envolvem impactos ambientais, permitindo comparar custos e benefícios ao longo do tempo e selecionar alternativas que maximizem o bem-estar social (Pearce e Nash, 1981). A utilização desse método baseia-se no princípio de que um projeto é socialmente desejável quando os benefícios totais superam os custos totais, mesmo que alguns indivíduos sejam prejudicados, desde que exista a possibilidade de compensação entre ganhadores e perdedores (critério de Kaldor-Hicks).

Outro elemento fundamental da economia ambiental neoclássica refere-se ao reconhecimento de que a eficiência econômica depende da correta definição de direitos de propriedade e da adequada regulação do uso dos recursos naturais. Em situações caracterizadas pela ausência ou fragilidade desses direitos — como no caso de recursos de acesso aberto — tende a ocorrer a superexploração dos recursos naturais, fenômeno amplamente conhecido como tragédia dos comuns. Esse problema decorre da divergência entre os incentivos individuais e o interesse coletivo, resultando na dissipação de rendas econômicas e, em casos extremos, na exaustão do recurso natural (Hardin, 1968; Pearce, 2002).

Sob a perspectiva neoclássica, a sustentabilidade ambiental é concebida, predominantemente, em termos de eficiência econômica e manutenção do estoque total de capital ao longo do tempo. Essa abordagem admite a substituição entre diferentes formas de capital — natural e produzido — desde que o valor agregado do estoque total de capital seja preservado, permitindo a continuidade do crescimento econômico e do bem-estar social. Essa concepção ficou conhecida como sustentabilidade fraca e constitui um dos pilares teóricos da economia ambiental contemporânea (Neumayer, 1999; Mueller, 2008).

Nessa perspectiva, os recursos naturais são tratados como ativos econômicos passíveis de valoração e gestão eficiente, sendo possível conciliar crescimento econômico e proteção ambiental por meio do uso adequado de instrumentos econômicos e de políticas públicas baseadas em incentivos. Assim, a economia

ambiental neoclássica não nega a existência de limites ambientais, mas sustenta que esses limites podem ser administrados por meio de mecanismos de mercado e de regulação econômica, desde que os custos ambientais sejam corretamente incorporados aos processos de decisão (Mueller, 2008).

Contudo, a ênfase na eficiência econômica e na substitutabilidade entre formas de capital passou a ser objeto de críticas por parte de correntes teóricas alternativas, especialmente da economia ecológica, que questiona a possibilidade de substituição plena entre capital natural e capital produzido e destaca a existência de limites biofísicos ao crescimento econômico. Essas divergências teóricas deram origem a um debate central no campo da economia do meio ambiente, envolvendo diferentes concepções de sustentabilidade e distintas abordagens sobre a relação entre o sistema econômico e o meio ambiente, tema que será aprofundado na seção seguinte.

2.2. Economia Ecológica

Em contraposição à economia ambiental neoclássica, a economia ecológica desenvolveu-se a partir da percepção de que o sistema econômico não constitui um sistema isolado, mas sim um subsistema inserido em um sistema ecológico maior, do qual depende para a obtenção de matéria e energia e para a assimilação de resíduos. Nessa perspectiva, o funcionamento da economia deve ser compreendido à luz das restrições físicas impostas pelo meio ambiente e pelas leis da termodinâmica, especialmente no que se refere à finitude dos recursos naturais e à capacidade limitada de assimilação de poluentes (Mueller, 2008; Georgescu-Roegen, 2012).

A economia ecológica parte do pressuposto de que a produção econômica envolve, necessariamente, a transformação de recursos naturais em bens e serviços, gerando, simultaneamente, resíduos e rejeitos que retornam ao meio ambiente em estado degradado. Assim, o processo produtivo pode ser entendido como um fluxo contínuo de matéria e energia entre o sistema econômico e o sistema ecológico, o que implica reconhecer limites biofísicos ao crescimento econômico e à expansão indefinida da produção (Georgescu-Roegen, 2012).

Nesse contexto, a economia ecológica introduz uma crítica central ao pressuposto de substitutabilidade irrestrita entre capital natural e capital produzido, característico da economia ambiental neoclássica. Para essa corrente, embora algum grau de substituição entre diferentes formas de capital possa ocorrer, tal substituição

é limitada, especialmente quando se trata de funções ecológicas essenciais à manutenção da vida, como a regulação climática, a biodiversidade e os ciclos biogeoquímicos (Mueller, 2008).

Essa distinção conceitual fundamenta a diferenciação entre os conceitos de sustentabilidade fraca e sustentabilidade forte. Na visão da sustentabilidade fraca, predominante na economia ambiental neoclássica, o crescimento econômico pode ser mantido desde que o estoque total de capital — natural e produzido — seja preservado, admitindo-se ampla substituição entre esses tipos de capital. Por outro lado, a sustentabilidade forte, associada à economia ecológica, pressupõe que determinados componentes do capital natural são insubstituíveis, devendo ser preservados independentemente da disponibilidade de capital produzido ou de avanços tecnológicos (Mueller, 2008).

Sob essa perspectiva, o capital natural passa a ser compreendido como um elemento essencial do estoque total de capital da sociedade, cuja conservação é condição necessária para a manutenção do bem-estar humano no longo prazo. Essa abordagem representa uma mudança significativa em relação à tradição neoclássica, na qual os recursos naturais foram progressivamente excluídos da definição de capital e considerados apenas como insumos substituíveis na produção econômica (Tisdell, 2005).

Além disso, a economia ecológica enfatiza que o crescimento econômico ilimitado é incompatível com a finitude dos recursos naturais e com a capacidade limitada do meio ambiente de absorver resíduos. Nesse sentido, essa corrente argumenta que a expansão da atividade econômica deve ser compatível com a conservação do capital natural, sob pena de comprometer a capacidade produtiva das gerações futuras e reduzir o bem-estar social ao longo do tempo (Sagoff, 2004).

Essa preocupação com a dimensão intergeracional da utilização dos recursos naturais aproxima a economia ecológica do debate sobre justiça intergeracional e sustentabilidade, temas centrais na análise econômica de políticas públicas ambientais e na avaliação de projetos com impactos de longo prazo. Nessa perspectiva, a preservação do capital natural não constitui apenas uma questão de eficiência econômica, mas também um imperativo ético associado à responsabilidade das gerações presentes em relação às gerações futuras (Perman et al., 2003).

Dessa forma, a economia ecológica amplia o escopo da análise econômica ao incorporar explicitamente os limites biofísicos do planeta e ao reconhecer a interdependência entre os sistemas econômico e ecológico. Ao fazê-lo, contribui para o desenvolvimento de uma abordagem mais abrangente da sustentabilidade, na qual a conservação do capital natural é tratada como requisito fundamental para a manutenção da atividade econômica e do bem-estar humano no longo prazo.

2.3. Da Eficiência Econômica aos Limites Biofísicos

A economia ambiental neoclássica representa um avanço significativo na incorporação das questões ambientais ao arcabouço analítico da teoria econômica tradicional, ao reconhecer que a degradação ambiental decorre, em grande medida, de falhas de mercado e da ausência de mecanismos adequados de internalização de externalidades. Nessa perspectiva, a utilização de instrumentos econômicos e a valoração monetária dos bens e serviços ambientais constituem ferramentas essenciais para promover a alocação eficiente dos recursos e maximizar o bem-estar social ao longo do tempo (Perman et al., 2003; Sterner e Coria, 2011).

Entretanto, a própria evolução da análise econômica e a intensificação dos impactos ambientais decorrentes do crescimento econômico evidenciaram limitações conceituais associadas à hipótese de substitutabilidade irrestrita entre capital natural e capital produzido. Em particular, tornou-se progressivamente evidente que determinados serviços ecossistêmicos desempenham funções essenciais à manutenção da vida e da atividade econômica, não podendo ser plenamente substituídos por capital manufaturado ou por avanços tecnológicos (Mueller, 2008).

Nesse contexto, emergiu a economia ecológica como uma abordagem alternativa, que amplia o escopo da análise econômica ao reconhecer explicitamente que o sistema econômico opera dentro de limites físicos impostos pela disponibilidade de recursos naturais e pela capacidade de assimilação de resíduos do meio ambiente. Essa mudança de perspectiva desloca o foco da análise econômica da eficiência alocativa para a sustentabilidade do sistema econômico no longo prazo, enfatizando a necessidade de preservar o estoque de capital natural como condição para a manutenção do bem-estar intergeracional.

A distinção entre essas duas abordagens teóricas — uma orientada pela eficiência econômica e outra pela sustentabilidade ecológica — constitui um elemento

central para a compreensão das controvérsias contemporâneas acerca da utilização da análise custo-benefício em projetos com impactos ambientais de longo prazo. Em especial, essa divergência teórica se manifesta de forma direta no debate sobre a taxa de desconto aplicada a recursos naturais, uma vez que a escolha dessa taxa reflete o peso atribuído ao bem-estar das gerações futuras e à conservação do capital natural ao longo do tempo. Como destacado na presente pesquisa, a taxa de desconto desempenha papel determinante na forma como os custos e benefícios ambientais são ponderados, podendo influenciar o nível de exploração dos recursos naturais e a sustentabilidade das decisões públicas (Zhuang et al., 2007; Mueller, 2008).

Evidências recentes da literatura internacional reforçam que a taxa social de desconto constitui um dos parâmetros mais sensíveis da análise custo-benefício, uma vez que atua como multiplicador dos fluxos de custos e benefícios ao longo de todo o horizonte de avaliação. Estudos demonstram que taxas elevadas podem reduzir significativamente o valor presente de impactos ambientais de longo prazo, influenciando diretamente a seleção de projetos e a priorização de investimentos públicos, especialmente em contextos associados à sustentabilidade e à mitigação de riscos ambientais (O'Mahony, 2021).

Essa discussão reforça a pertinência de analisar separadamente os recursos econômicos e os recursos ambientais no âmbito das avaliações econômicas, especialmente em contextos intergeracionais, nos quais a utilização de uma taxa de desconto uniforme pode conduzir a decisões inconsistentes com a preservação do capital natural e com a equidade entre gerações, tema que constitui o núcleo analítico desta dissertação.

2.4. Sustentabilidade Fraca, Sustentabilidade Forte e Desconto

Resta-nos agora estabelecer elos entre as vertentes teóricas da economia do meio ambiente e a necessidade de se descontar fluxos monetários que se estendem ao longo do tempo.

Conforme apresentado nas seções anteriores, a economia ambiental neoclássica defende a ideia de que todas as formas de capital são intercambiáveis entre si e que apenas a manutenção ou aumento da totalidade — isto é, a soma — desses capitais existentes na economia seria suficiente para uma consideração adequada da equidade intergeracional, atingindo, outrossim, a eficiência econômica

almejada devido ao estímulo à produção. O exposto conceitua de maneira rápida o termo Sustentabilidade Fraca.

Essa concepção fundamenta-se na premissa de que o crescimento econômico contínuo e o progresso tecnológico seriam capazes de compensar eventuais perdas de recursos naturais, desde que a capacidade produtiva total da economia fosse preservada. Nessa perspectiva, o capital natural pode ser substituído por outras formas de capital, como capital físico ou humano, permitindo a continuidade do desenvolvimento econômico ao longo do tempo (Mueller, 2008). Essa visão está associada a uma postura otimista quanto à possibilidade de expansão do sistema econômico, baseada na confiança de que diferentes tipos de capital podem substituir-se mutuamente.

Em contraponto, a economia ecológica argumenta que a não possível substitutabilidade entre capital produzido e capital natural exige uma consideração mais adequada deste último no contexto de uma proposta de crescimento econômico, fomentando, assim, a essência do conceito de Sustentabilidade (Muito) Forte.

Sob essa perspectiva, determinados componentes do capital natural desempenham funções essenciais à manutenção da vida e da atividade econômica, não possuindo substitutos perfeitos. Assim, a conservação desses recursos torna-se condição necessária para garantir a continuidade do bem-estar humano e a estabilidade dos sistemas ecológicos ao longo do tempo. Essa abordagem enfatiza que o funcionamento desregado do sistema econômico pode desestabilizar o ecossistema global, com impactos potencialmente graves sobre a sociedade humana em um futuro mais distante, razão pela qual a preservação do capital natural assume papel central nas estratégias de desenvolvimento sustentável.

Mas como esses dois conceitos basicamente econômicos, pois foram definidos no âmbito do processo produtivo, se relacionam com a manutenção do bem-estar futuro e, conseqüentemente, com a prática do desconto na avaliação de projetos de investimento?

Para responder a essa questão, nos valemos do clássico texto de Neumayer (1999), em particular dos conteúdos do seu Capítulo 2 e de seu Apêndice 1. Neles, Neumayer demonstra que os defensores da Sustentabilidade Fraca atrelam o bem-estar social e intergeracional à manutenção ou aumento do crescimento econômico. Isto porque um aumento na produção de bens de consumo, ou um incremento na

renda per capita, poderia compensar uma redução na oferta de ativos ambientais, uma vez aceita a substitutabilidade entre os capitais.

Percebido que as gerações futuras tenderiam a ser economicamente mais ricas, dado o estímulo irrestrito ao setor produtivo, o desconto aplicado aos custos e benefícios ocorridos no futuro pode, e deve, ser positivo. Nessa lógica, perdas ambientais futuras seriam consideradas compensáveis por ganhos econômicos decorrentes do crescimento da renda e do consumo. Essa hipótese reflete o entendimento de que a utilidade marginal do consumo diminui ao longo do tempo e que o aumento do nível de riqueza das gerações futuras justificaria a aplicação de taxas positivas de desconto (Stern e Coria, 2011).

No que concerne ao conceito de Sustentabilidade Forte, Neumayer (1999) relata que, dada a impossibilidade de compensar integralmente perdas ambientais por meio do crescimento econômico, torna-se necessário preservar o estoque de capital natural como condição para a manutenção do bem-estar das gerações futuras. Nesse contexto, o princípio da sustentabilidade estabelece que as ações da geração presente não devem reduzir o padrão de vida das gerações futuras, implicando a responsabilidade ética de conservar os recursos naturais como um patrimônio coletivo transmitido ao longo do tempo (Tisdell, 2005).

Essa discussão evidencia que a escolha da taxa de desconto não constitui apenas um problema técnico ou financeiro, mas envolve também considerações éticas relacionadas à justiça intergeracional. A aplicação de taxas elevadas de desconto tende a reduzir o peso atribuído às externalidades futuras, criando um viés sistemático contra as gerações futuras e favorecendo decisões que priorizam ganhos imediatos em detrimento da conservação de recursos naturais, nos casos de externalidades negativas sobre recursos ambientais.

A literatura contemporânea tem enfatizado que a definição da taxa social de desconto envolve não apenas critérios econômicos, mas também fundamentos éticos relacionados à equidade entre gerações. Em projetos cujos impactos se estendem por longos horizontes temporais — como aqueles associados às mudanças climáticas e à conservação de recursos naturais — a escolha da taxa de desconto deve refletir o compromisso social com o bem-estar das gerações futuras, constituindo elemento central na avaliação econômica de políticas públicas e investimentos de infraestrutura (O'Mahony, 2021).

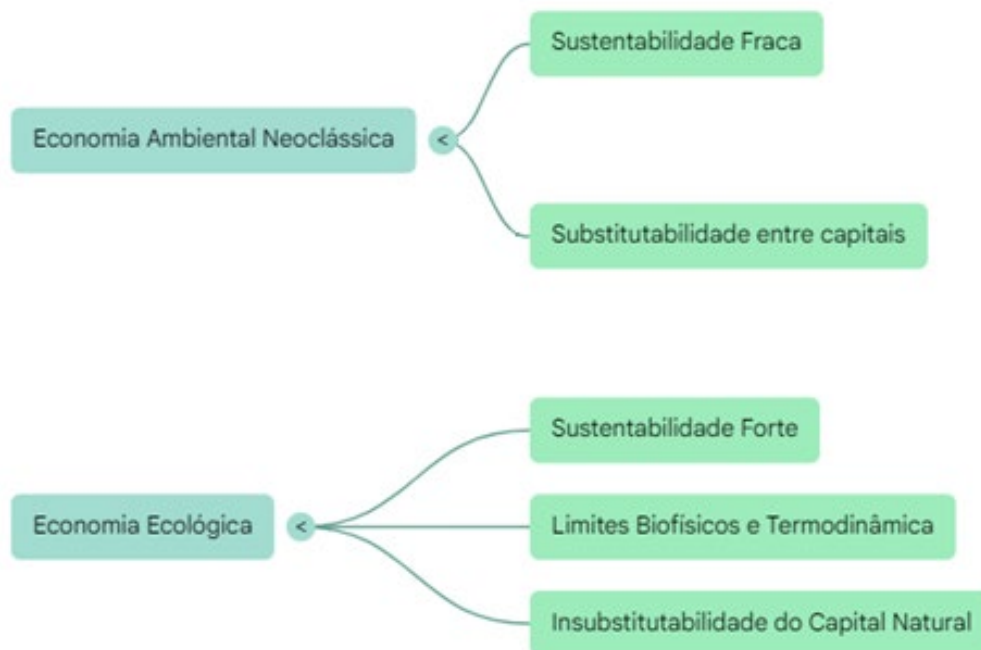
Nesse sentido, a literatura questiona a aplicação indiscriminada do desconto em análises com horizonte temporal muito longo, argumentando que tal prática pode resultar em decisões incompatíveis com os objetivos de sustentabilidade e equidade intergeracional (O'Mahony, 2021). Ramsey, por exemplo, considerava eticamente indefensável que a sociedade descontasse o bem-estar das gerações futuras, defendendo a utilização de taxas de desconto muito baixas ou mesmo iguais a zero em contextos de decisões públicas de longo prazo (Mueller, 2008).

Adicionalmente, a presença de incerteza e a possibilidade de ocorrência de danos ambientais irreversíveis reforçam a necessidade de cautela na utilização do desconto em avaliações econômicas. Em muitos casos, decisões relacionadas ao uso de recursos naturais envolvem efeitos irreversíveis, como a perda de biodiversidade ou a degradação permanente de ecossistemas, situações nas quais a reversibilidade das escolhas não é garantida e o custo social de decisões equivocadas pode ser extremamente elevado (Perman et al., 2003).

Dessa forma, a discussão sobre sustentabilidade fraca e sustentabilidade forte fornece a base conceitual necessária para compreender as controvérsias associadas à prática do desconto em análises econômicas de longo prazo. A distinção entre essas duas abordagens reflete diferentes concepções sobre a capacidade de substituição entre capital natural e capital produzido, bem como diferentes visões sobre a responsabilidade das gerações presentes em relação ao bem-estar das gerações futuras.

Essa divergência teórica constitui elemento essencial para a análise desenvolvida na presente dissertação, especialmente no que se refere à necessidade de considerar separadamente os recursos econômicos e os recursos ambientais no âmbito da avaliação econômica de projetos, de modo a assegurar decisões compatíveis com os princípios de sustentabilidade e equidade intergeracional.

Figura 1 - Estrutura Conceitual das Abordagens da Economia Ambiental e da Economia Ecológica no Contexto da Sustentabilidade



Fonte: Elaboração Própria.

Quadro 2 - Economia Ambiental X Economia Ecológica

Corrente	Capital Natural	Sustentabilidade	Desconto
Neoclássica	Substituível	Fraca	Positivo
Ecológica	Complementar	Forte	Baixo ou nulo

Fonte: Elaboração Própria.

3. AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE PROJETOS

3.1. A Guisa de Introdução

As necessidades humanas são ilimitadas, visto que, por sua própria natureza, o ser humano sempre busca maiores níveis de felicidade e bem-estar. Por outro lado, os recursos produtivos disponíveis nas sociedades para a produção de bens e serviços — elementos fundamentais para a promoção do bem-estar dos indivíduos — são escassos e possuem caráter finito. Se essa premissa fundamental da ciência econômica for aceita como verdadeira, torna-se imperativo que sejam feitas escolhas acerca da estrutura produtiva a ser adotada por uma determinada sociedade (Viceconti e Neves, 2000).

Mesmo em economias altamente desenvolvidas e dotadas de abundantes insumos produtivos, os recursos disponíveis permanecem limitados quando comparados à totalidade dos bens e serviços demandados por seus cidadãos. Conforme destaca Contador (2012), a escassez de recursos — sejam eles financeiros, naturais ou ambientais — constitui mais uma regra do que uma exceção, independentemente do nível de riqueza da sociedade.

É nesse contexto que a avaliação econômica de projetos se insere como instrumento essencial de apoio à tomada de decisão pública e privada (DE RUS et al., 2022). Seu objetivo central consiste em identificar as alternativas de investimento capazes de promover a melhor utilização dos recursos disponíveis, considerando as restrições existentes e buscando maximizar o bem-estar social. Em termos rigorosos, a eficiência econômica está associada à obtenção do melhor uso possível dos recursos escassos, mediante a escolha das alternativas que proporcionem os maiores benefícios líquidos para a sociedade.

Nesse sentido, a avaliação econômica de projetos não se limita à análise de aspectos financeiros ou contábeis, mas envolve uma abordagem mais abrangente, que considera os impactos econômicos, sociais e, cada vez mais, ambientais das decisões de investimento.

Conforme discutido por Frank e Manning (1992) e Chisholm e Stewart (1998), a resposta econômica à escassez de recursos não se limita à realização de avaliações econômicas formais de alternativas de intervenção. Esse processo envolve também a análise de elementos mais amplos do funcionamento do sistema econômico, como os

padrões de emprego, as forças de oferta e demanda, a influência dos mercados na alocação de recursos e os incentivos econômicos associados às decisões de política pública. Nesse sentido, a avaliação econômica constitui um instrumento destinado a apoiar a tomada de decisão quanto ao uso eficiente de recursos escassos, ao permitir a comparação explícita entre custos e resultados das diferentes estratégias ou programas analisados (Chisholm, 1998).

Além disso, a avaliação econômica deve ser compreendida como um instrumento que amplia a compreensão das implicações das decisões públicas, fornecendo subsídios adicionais — em conjunto com outras dimensões sociais ou institucionais — para a formulação de decisões orientadas à melhor utilização dos recursos disponíveis (Chisholm, 1998).

Essa abordagem ampliada da avaliação econômica tem sido progressivamente incorporada à literatura contemporânea, especialmente em contextos nos quais as decisões públicas envolvem impactos de longo prazo e efeitos sobre o meio ambiente. Nessas situações, torna-se necessário considerar não apenas os custos e benefícios imediatos dos projetos, mas também suas consequências futuras, incluindo efeitos intertemporais e intergeracionais, que podem influenciar a sustentabilidade econômica e ambiental das decisões tomadas (Perman et al., 2003; DE RUS et al., 2022).

Dentre as metodologias existentes para a avaliação de projetos — e como contribuição ao processo de tomada de decisão sobre a alocação eficiente dos recursos — destacam-se a Análise de Minimização de Custos, a Análise Custo-Efetividade, a Análise Multicritério e a Análise Custo-Benefício, cada uma delas voltada à observação de diferentes dimensões e critérios de avaliação dos projetos em estudo.

➤ **Análise de Minimização de Custos**

A forma mais simples de avaliação econômica é normalmente associada à minimização de custos, na qual se assume que os resultados ou benefícios esperados são idênticos entre os projetos alternativos em análise. Caracteriza-se pela comparação exclusiva dos custos entre alternativas que apresentam resultados equivalentes em termos de eficácia ou efetividade, de modo que a decisão econômica consiste em selecionar a alternativa que apresenta menor custo total. Essa metodologia exige, como condição prévia, a comprovação da equivalência dos

resultados alcançados entre as alternativas avaliadas, pois, na ausência dessa equivalência, a análise deixa de ser válida do ponto de vista metodológico (Packeiser e Resta, 2014).

Do ponto de vista das vantagens, a análise de minimização de custos apresenta elevada simplicidade operacional e facilidade de aplicação, uma vez que requer apenas a identificação e comparação dos custos associados às alternativas disponíveis. Essa característica torna o método particularmente útil em situações nas quais os resultados são comprovadamente idênticos, como na comparação entre diferentes doses, vias de administração ou locais de tratamento que produzem o mesmo resultado clínico.

Entretanto, a principal limitação desse tipo de análise reside no seu campo restrito de aplicação, uma vez que raramente duas alternativas produzem resultados perfeitamente equivalentes. Dessa forma, os autores destacam que os tipos de intervenções que podem ser avaliados por meio da minimização de custos são limitados, o que reduz a utilidade dessa metodologia em decisões mais complexas que envolvem diferenças de desempenho ou impacto entre as alternativas analisadas (Packeiser e Resta, 2014).

➤ **Análise Custo-Efetividade**

A análise custo-efetividade é apresentada na literatura como uma das principais modalidades de avaliação econômica, fundamentada na teoria do bem-estar e orientada à alocação eficiente de recursos escassos. Seu objetivo central consiste em comparar alternativas de intervenção que buscam alcançar a mesma finalidade, avaliando simultaneamente os custos envolvidos e os resultados obtidos, expressos em unidades físicas ou operacionais (Silva, Silva e Pereira, 2016).

De acordo com Silva, Silva e Pereira (2016), a avaliação econômica — da qual a análise custo-efetividade é um tipo específico — é definida como uma análise comparativa de estratégias em termos de custos e desfechos, destacando duas características essenciais:

1. Ênfase na comparação entre alternativas:

A escolha entre intervenções requer a comparação de pelo menos duas opções que possuam a mesma finalidade, permitindo identificar qual delas apresenta melhor desempenho relativo em termos de resultados alcançados.

2. Relação entre custos e resultados ao longo do tempo:

Para cada alternativa analisada, devem ser sistematizadas informações sobre custos e resultados dentro de um determinado horizonte temporal, permitindo avaliar a eficiência da intervenção em relação aos recursos utilizados.

Nesse contexto, a análise custo-efetividade distingue-se das demais técnicas de avaliação econômica pelo fato de não exigir a monetização dos resultados, concentrando-se na mensuração dos efeitos em unidades físicas ou operacionais. Exemplos típicos de resultados utilizados incluem:

- anos de vida ganhos;
- dias de incapacidade evitados;
- redução de mortalidade ou morbidade;
- melhoria de desempenho ou cobertura de serviços.

Essa característica torna a análise custo-efetividade particularmente útil em situações nas quais os resultados são concretos e observáveis, mas de difícil valoração monetária, permitindo avaliar a eficiência relativa das alternativas sem a necessidade de converter todos os benefícios em valores monetários (Silva, Silva e Pereira, 2016).

Packeiser e Resta (2014) apresentam como limitação dessa metodologia a não possibilidade de comparação direta de intervenções que produzem resultados diferentes ou que utilizam unidades de medida distintas, o que restringe sua aplicação em decisões que envolvem múltiplos objetivos ou impactos de natureza diversa. Assim, a análise custo-efetividade é particularmente adequada para decisões dentro de um mesmo campo de intervenção, mas apresenta menor utilidade em avaliações intersetoriais ou de políticas públicas amplas.

➤ **Análise Multicritério**

A análise multicritério constitui uma abordagem metodológica empregada no apoio ao processo de tomada de decisão em contextos nos quais a avaliação de projetos envolve múltiplos objetivos e características de natureza distinta. Essa metodologia parte do reconhecimento de que os projetos públicos produzem diversos efeitos sobre a sociedade, exigindo a consideração simultânea de diferentes atributos de desempenho e a identificação das características relevantes associadas aos bens e serviços avaliados. Nesse sentido, o processo decisório não se limita à mensuração

de resultados isolados, mas envolve a análise integrada das diferentes dimensões associadas ao problema de planejamento e à alocação de recursos escassos.

Sob essa perspectiva, a análise multicritério pode ser compreendida como um conjunto de métodos estruturados de apoio à decisão que permite explicitar, organizar e comparar alternativas com base em múltiplos critérios considerados de forma simultânea e transparente. Essa abordagem contribui para tornar explícitos os elementos que fundamentam a escolha entre alternativas e para estruturar processos decisórios complexos, nos quais diferentes objetivos e interesses precisam ser conciliados. Conforme destacam Campolina et al. (2017), a análise multicritério constitui ferramenta relevante para apoiar decisões em contextos caracterizados por múltiplos critérios e pela necessidade de integrar informações quantitativas e qualitativas, contribuindo para maior transparência e racionalidade no processo de alocação de recursos públicos.

No âmbito da avaliação de políticas públicas e projetos de investimento, a análise multicritério apresenta utilidade particular quando os impactos associados às alternativas não podem ser integralmente expressos em termos monetários ou quando há necessidade de incorporar dimensões qualitativas relevantes ao processo decisório. Essa característica torna o método especialmente adequado para situações em que a comparação entre alternativas depende da consideração de atributos heterogêneos, refletindo a complexidade inerente às decisões públicas e à definição de prioridades coletivas (Wright, 1985).

Além disso, a literatura recente ressalta que a aplicação da análise multicritério permite estruturar o processo decisório em etapas claramente definidas, incluindo a identificação do problema, a definição dos critérios de avaliação, a ponderação das preferências dos decisores e a comparação sistemática das alternativas disponíveis. Esse procedimento contribui para aumentar a transparência, a rastreabilidade e a legitimidade das decisões públicas, especialmente em contextos nos quais múltiplos grupos de interesse participam do processo de escolha e os critérios de avaliação não podem ser reduzidos a uma única métrica de desempenho (Campolina et al., 2017).

Entretanto, a utilização de pesos atribuídos às diferentes características ou critérios constitui um dos principais desafios dessa abordagem. Como os indivíduos e grupos sociais atribuem importâncias distintas às diversas características associadas a um bem ou serviço, a definição desses pesos envolve necessariamente juízos de

valor, introduzindo um componente de subjetividade no processo de avaliação. Wright (1985) observa que essa condição decorre do próprio caráter social das decisões públicas, nas quais a seleção de alternativas reflete preferências e escolhas institucionais que não podem ser determinadas exclusivamente por critérios técnicos.

Além disso, o autor destaca que as principais objeções à análise multicritério estão relacionadas à subjetividade inerente à atribuição de pesos, à fragilidade de seu embasamento teórico e à ausência de critérios suficientemente claros para orientar a formulação e a seleção de projetos, fatores que podem comprometer a consistência e a transparência das decisões adotadas (Wright, 1985).

Dessa forma, embora a análise multicritério represente instrumento relevante para a estruturação e organização das informações necessárias ao processo decisório, sua aplicação apresenta limitações quando se busca avaliar, de forma sistemática e comparável, os custos e benefícios sociais associados a projetos de investimento.

➤ **Análise Custo-Benefício**

A análise custo-benefício é definida como uma metodologia de avaliação econômica voltada à mensuração, em termos monetários, das variações no bem-estar social decorrentes da implementação de um projeto ou política pública, em comparação com uma situação base na qual a intervenção não ocorre. O objetivo central dessa abordagem consiste em verificar se a sociedade como um todo se torna melhor em termos de bem-estar após a realização do projeto, considerando os custos de oportunidade dos recursos empregados e os benefícios gerados aos indivíduos direta ou indiretamente afetados. Essa definição ressalta a natureza comparativa da análise e sua função como instrumento de apoio à decisão pública orientada à eficiência econômica e à maximização do bem-estar social.

A análise custo-benefício também é reconhecida como instrumento fundamental de apoio ao processo decisório em políticas públicas e investimentos de grande porte, sendo amplamente utilizada no planejamento territorial e na avaliação de projetos financiados com recursos públicos. Nesse contexto, a metodologia constitui referência para a seleção de alternativas capazes de assegurar a melhor relação entre custos e benefícios sociais, contribuindo para estratégias de desenvolvimento econômico, social e ambiental sustentáveis e para a racionalização

do uso de recursos escassos na esfera pública (Boardman et al., 2021; Tajani et al., 2023).

A literatura recente demonstra que a análise custo-benefício tem evoluído de uma ferramenta tradicional de avaliação econômica para um instrumento estratégico de apoio à decisão pública em contextos de sustentabilidade e mudanças climáticas (O'Mahony, 2021).

No âmbito específico da avaliação econômica de transportes, a análise custo-benefício é compreendida como ferramenta destinada à identificação e mensuração dos impactos sociais associados às intervenções públicas, incluindo a consideração explícita de externalidades como congestionamento, acidentes, ruído e poluição. A metodologia fundamenta-se no princípio de eficiência econômica, segundo o qual decisões públicas devem levar em conta não apenas os custos privados, mas também os custos sociais das atividades econômicas. (CE DELFT, 2019).

3.1.1. A escolha pela Análise Custo-benefício

A literatura especializada em avaliação econômica demonstra que não existe uma metodologia única universalmente aplicável à análise de projetos, sendo cada abordagem mais adequada a determinados contextos decisórios, setores econômicos e objetivos de política pública. Nesse sentido, as análises de minimização de custos, custo-efetividade, multicritério e custo-benefício constituem instrumentos complementares de avaliação econômica, diferenciando-se principalmente pela forma de mensuração dos resultados e pelo tipo de decisão que se pretende apoiar. Enquanto algumas metodologias são particularmente úteis em contextos setoriais específicos — como a área da saúde, em que a mensuração de resultados clínicos ou de qualidade de vida assume papel central — outras apresentam maior capacidade de incorporar múltiplas dimensões de impacto, incluindo efeitos econômicos, sociais e ambientais. Assim, a escolha do método de avaliação deve estar diretamente relacionada à natureza do projeto, à disponibilidade de informações e ao escopo dos impactos que se pretende mensurar, de modo a assegurar a consistência metodológica e a adequação analítica do processo decisório.

No contexto da avaliação de projetos de infraestrutura, especialmente no setor de transportes — área do escopo desta dissertação — a análise custo-benefício destaca-se como a metodologia mais apropriada, por permitir a identificação,

quantificação e monetização dos custos e benefícios associados ao empreendimento ao longo de todo o seu ciclo de vida, incluindo externalidades econômicas, sociais e ambientais (CE DELFT, 2019; DE RUS et al., 2022).

Dessa forma, considerando que o objetivo desta dissertação consiste em analisar a ponderação dos bens e ativos ambientais nas análises de viabilidade econômica de projetos, especialmente no contexto de empreendimentos de infraestrutura de transportes, conclui-se que a análise custo-benefício constitui o instrumento metodológico mais apropriado para a investigação proposta. No âmbito deste trabalho, essa ponderação será examinada sob a ótica da taxa de desconto, entendida como parâmetro central na determinação do valor presente dos custos e benefícios ambientais ao longo do tempo e, conseqüentemente, na consideração dos impactos intertemporais associados ao uso e à preservação do capital natural (Tajani et al., 2023).

Esse enfoque permite avaliar de forma sistemática a influência das escolhas intertemporais sobre a incorporação dos efeitos ambientais nas decisões de investimento, contribuindo para resultados mais consistentes com os princípios da eficiência econômica e da sustentabilidade intergeracional, sem prejuízo do reconhecimento da relevância e aplicabilidade das demais metodologias de avaliação em contextos decisórios específicos (Boardman et al., 2021).

3.2. Análise Custo-benefício - ACB

O conceito por trás de uma análise custo-benefício foi implantado inicialmente na análise de projetos com a instituição, em 1936, no âmbito da economia dos Estados Unidos, por meio do ato de regulação e controle de inundações. A despeito de qualquer outro objetivo mais político, essa regulação introduziu um princípio simples, mas bastante convincente: de maneira geral, ações e projetos deveriam ser considerados desejáveis se os seus respectivos benefícios, a quem quer que incidissem, fossem superiores aos custos previstos.

Diante da utilização desse princípio, fica evidente que a moldura conceitual básica aplicada pela Análise Custo-Benefício (ACB) faz referência ao critério de Kaldor-Hicks, segundo o qual benefícios e custos derivados de ações e projetos devem ser comparados em termos agregados, buscando-se identificar se os ganhos sociais superam as perdas associadas à intervenção (Pearce e Nash, 1981;

Boardman et al., 2021). Esse critério admite a possibilidade de compensação potencial entre grupos sociais, sendo amplamente utilizado na avaliação econômica de políticas públicas e projetos de investimento.

Incorporando a disciplina acadêmica do Bem-Estar Econômico ao processo prático de tomada de decisão pelo setor público, a ACB lida com a mensuração e comparação dos custos e benefícios de ações ao longo do tempo, independentemente de quando e a quem ocorram (Pearce, 2002; Perman et al., 2003). A metodologia busca identificar alternativas que maximizem o bem-estar social, considerando não apenas os efeitos diretos das intervenções, mas também suas externalidades e impactos de longo prazo.

De acordo com Mueller (2012):

O objetivo de uma Análise Custo-benefício é selecionar projetos e políticas eficientes do ponto de vista econômico, que tenham impactos positivos significativos sobre o bem-estar social.

Nesse sentido, a análise custo-benefício pode ser compreendida como uma ferramenta sistemática de avaliação econômica que busca orientar a alocação eficiente de recursos escassos, permitindo a comparação entre alternativas de investimento e a identificação daquelas que proporcionam maior contribuição para a sociedade (Jenkins, Kuo e Harberger, 2011).

3.2.1. Distinção entre análise financeira e análise econômica

Neste ponto, é essencial dirimir uma confusão recorrente entre a análise financeira e a análise econômica de projetos — esta última sendo aquela que efetivamente denominamos Análise Custo-Benefício.

A avaliação financeira de um projeto de investimento busca identificar se o projeto irá gerar ganhos monetários para seus investidores, baseando-se em fluxos de receitas e custos associados à implantação, operação e manutenção do empreendimento ao longo do horizonte de análise. O objetivo final é estimar indicadores de viabilidade, tais como o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Índice Benefício-Custo, sendo o VPL amplamente reconhecido como o critério mais consistente para avaliação de projetos (Jenkins, Kuo e Harberger, 2011).

Por sua vez, a análise econômica — ou análise custo-benefício — avalia o projeto sob a ótica da sociedade, incorporando custos e benefícios sociais que não são necessariamente capturados pelos fluxos financeiros do projeto. Nesse contexto, a análise inclui externalidades positivas e negativas, permitindo uma avaliação mais abrangente dos impactos econômicos e ambientais das decisões públicas (Boardman et al., 2021).

Como explicitado por Contador (2012):

As conclusões normalmente obtidas com a avaliação de projetos pelos empresários e setor privado em geral não coincidem necessariamente com aquelas obtidas por uma avaliação que considere a sociedade como um todo.

Essa distinção possui implicações diretas sobre a escolha da taxa de desconto, especialmente em projetos com impactos ambientais ou intergeracionais, nos quais a eficiência privada pode divergir da eficiência social (Perman et al., 2003).

A análise custo-benefício não constitui apenas uma técnica de mensuração econômica, mas um instrumento normativo de apoio à decisão pública, orientado à escolha de alternativas que promovam o maior incremento possível no bem-estar social. Nesse sentido, a metodologia fornece uma estrutura sistemática para comparar os impactos de diferentes políticas ou projetos, permitindo identificar intervenções socialmente desejáveis mesmo quando seus efeitos se distribuem de forma desigual entre os indivíduos. Assim, a análise custo-benefício deve ser compreendida como parte integrante do processo de formulação de políticas públicas, e não apenas como um procedimento contábil ou financeiro de avaliação de investimentos (Boardman et al., 2021).

3.2.2. Estrutura metodológica da Análise Custo-Benefício

Como toda metodologia científica, a ACB apresenta uma estrutura sistemática composta por etapas sequenciais e interdependentes, que permitem a replicação do processo analítico e a verificação da consistência dos resultados obtidos. A estrutura metodológica mais difundida na literatura baseia-se nos trabalhos de Hanley e Spash (1993), sendo amplamente utilizada em avaliações econômicas de políticas públicas e projetos de infraestrutura.

Quadro 3 - Estrutura geral da Análise Custo-Benefício

<i>Etapa</i>	<i>Descrição</i>	<i>Produto da etapa</i>
1	Definição do projeto	Escopo e alternativas
2	Identificação dos impactos	Lista de efeitos
3	Relevância econômica	Benefícios e custos
4	Quantificação física	Fluxos físicos
5	Valoração monetária	Preços sociais
6	Desconto	Fluxos em valor presente
7	Crítérios de decisão	VPL / IBC / TIR
8	Análise de sensibilidade	Robustez

Fonte: Elaboração própria com base em Hanley e Spash (1993).

Essa estrutura metodológica reflete o entendimento de que a avaliação econômica deve ser conduzida de forma transparente, replicável e fundamentada em critérios objetivos, permitindo a comparação entre diferentes alternativas de investimento e a identificação daquelas que proporcionam maior contribuição para o bem-estar social.

Etapa 1 – Definição do Projeto

A primeira etapa da análise consiste na definição precisa do projeto ou ação a ser avaliada. Nessa fase, deve-se estabelecer:

- o objetivo da intervenção
- a área de abrangência
- o horizonte temporal
- os grupos sociais afetados
- as alternativas de projeto

Um projeto não pode ser avaliado adequadamente sem que seu escopo esteja claramente delimitado, pois a definição inadequada do problema pode comprometer a consistência das etapas subsequentes da análise.

Etapa 2 – Identificação dos Impactos do Projeto

Uma vez definido o escopo do projeto, o passo seguinte consiste na identificação de todos os impactos decorrentes de sua implementação.

Esses impactos podem ser classificados como:

- impactos diretos
- impactos indiretos
- impactos ambientais
- impactos sociais
- impactos econômicos

Nessa etapa, o objetivo é construir uma lista abrangente dos efeitos positivos e negativos associados ao projeto, evitando a exclusão de impactos relevantes que possam influenciar o resultado da análise.

Etapa 3 – Determinação dos Impactos Economicamente Relevantes

Nem todos os impactos identificados possuem relevância econômica. Portanto, torna-se necessário selecionar aqueles que efetivamente afetam o bem-estar social.

Segundo a teoria do bem-estar econômico, um impacto é considerado economicamente relevante quando:

- altera a utilidade dos indivíduos
- modifica a disponibilidade de bens ou serviços
- afeta preços ou custos sociais

Assim:

- Benefícios são impactos que aumentam o bem-estar social.
- Custos são impactos que reduzem o bem-estar social.

Etapa 4 – Quantificação Física dos Impactos

Nesta etapa, os impactos economicamente relevantes devem ser quantificados em unidades físicas, identificando simultaneamente:

- magnitude do impacto
- momento de ocorrência
- duração do efeito

Exemplos:

- toneladas transportadas
- redução de acidentes
- emissões evitadas
- tempo economizado

Essa etapa é considerada crítica, pois a qualidade das estimativas físicas influencia diretamente a precisão dos resultados monetários obtidos nas etapas seguintes.

Etapa 5 – Valoração Monetária dos Impactos

Para permitir a comparação entre custos e benefícios, os impactos quantificados devem ser convertidos em unidades monetárias.

Quando não existem mercados para determinados bens — como qualidade ambiental, segurança ou biodiversidade — devem ser utilizados métodos de valoração

econômica, como preços-sombra, custos evitados ou disposição a pagar, permitindo incorporar na análise efeitos que normalmente não são observados em transações de mercado (Pearce e Nash, 1981; Perman et al., 2003).

A utilização de preços sociais é particularmente importante em projetos que envolvem recursos naturais e serviços ecossistêmicos, pois permite refletir o verdadeiro custo social das decisões públicas, evitando distorções decorrentes de falhas de mercado ou subsídios implícitos (Sagoff, 2004).

Cabe destacar que os principais métodos de valoração ambiental disponíveis na literatura econômica serão apresentados de forma sintética no Apêndice A dessa dissertação, com o objetivo de fornecer ao leitor uma visão geral das abordagens utilizadas para a estimação do valor econômico das externalidades ambientais.

Ressalta-se, contudo, que essa apresentação terá caráter meramente informativo e não pretende aprofundar a discussão metodológica sobre os diferentes métodos de valoração, uma vez que o foco central desta dissertação reside no tratamento intertemporal da incorporação das externalidades ambientais na análise custo-benefício, especialmente no que se refere à escolha da taxa de desconto social.

Etapas 6 – Desconto dos Fluxos de Custos e Benefícios

A ferramenta do desconto é utilizada para converter valores futuros em valores presentes, refletindo a preferência temporal dos indivíduos e o custo de oportunidade dos recursos utilizados em um projeto (Boardman et al., 2021).

Fórmula do valor presente

$$VP_t = \frac{F_t}{(1+r)^t}$$

onde:

VP = valor presente

F = fluxo futuro

r = taxa de desconto

t = tempo

Essa etapa é fundamental para a análise de projetos de longo prazo, pois permite comparar custos e benefícios que ocorrem em momentos distintos no tempo e avaliar a viabilidade econômica de intervenções públicas com impactos intertemporais (Jenkins, Kuo e Harberger, 2011).

A taxa social de desconto constitui uma das variáveis mais sensíveis da análise custo-benefício, sendo capaz de alterar de forma significativa o valor presente dos custos e benefícios associados a projetos de longo prazo. Pequenas variações na taxa de desconto podem modificar substancialmente o resultado da avaliação econômica, influenciando diretamente a seleção de alternativas de investimento e a priorização de políticas públicas, especialmente em contextos que envolvem impactos ambientais persistentes (O'Mahony, 2021).

Etapa 7 – Aplicação do Teste do Valor Presente Líquido (VPL)

O critério mais amplamente utilizado para avaliar a viabilidade econômica de um projeto é o Valor Presente Líquido, que representa a diferença entre os benefícios e os custos sociais descontados ao longo do tempo (Boardman et al., 2021).

Fórmula do VPL

$$VPL = \sum_{t=0}^T \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

onde:

B = benefícios

C = custos

r = taxa de desconto

T = horizonte de análise

Regra de decisão

Se:

VPL > 0, o projeto é economicamente viável.

Esse critério está diretamente associado ao princípio compensatório de Kaldor-Hicks, segundo o qual um projeto deve ser implementado quando os benefícios sociais superam os custos sociais, mesmo que a distribuição desses impactos entre grupos sociais não seja uniforme (Pearce e Nash, 1981).

Etapa 8 – Análise de Sensibilidade

A última etapa da análise consiste na avaliação da robustez dos resultados obtidos frente às incertezas inerentes às projeções futuras.

A análise de sensibilidade permite examinar como alterações em variáveis críticas — como:

- taxa de desconto
- custos de investimento
- demanda projetada
- vida útil do projeto

podem influenciar o resultado da análise.

A análise de sensibilidade desempenha papel importante na avaliação econômica de projetos, especialmente em contextos caracterizados por elevada incerteza quanto ao comportamento de variáveis futuras. Ao examinar como alterações em parâmetros críticos — como a taxa de desconto, a demanda projetada ou os custos de investimento — afetam os resultados da análise, esse procedimento permite avaliar a robustez das conclusões e identificar os fatores de maior influência sobre a viabilidade econômica do empreendimento. Assim, a análise de sensibilidade constitui instrumento indispensável para a tomada de decisões públicas em ambientes de risco e incerteza (Boardman et al., 2021).

Como demonstrado, a Análise Custo-Benefício constitui uma ferramenta estruturada e sistemática de avaliação econômica, que permite comparar alternativas de investimento com base em seus impactos sobre o bem-estar social e sobre a alocação eficiente de recursos escassos. Essa metodologia é particularmente relevante em decisões públicas que envolvem efeitos de longo prazo e externalidades ambientais, nas quais a consideração explícita da dimensão temporal se torna essencial para a avaliação da viabilidade econômica dos projetos (Perman et al., 2003).

Entretanto, a aplicação da ACB em projetos com impactos intertemporais — especialmente aqueles que envolvem recursos naturais e efeitos ambientais persistentes — depende diretamente da escolha da taxa de desconto utilizada na conversão dos fluxos futuros em valores presentes. Dessa forma, a taxa de desconto assume papel central na avaliação econômica de projetos, constituindo um dos principais elementos de debate na literatura econômica contemporânea, sobretudo no contexto da sustentabilidade e da equidade intergeracional (Stern e Coria, 201; (O'Mahony, 2021).

3.3. Análise Custo-benefício e o Meio Ambiente

O emprego de uma análise custo-benefício é particularmente necessário em situações nas quais os impactos e externalidades derivados das ações humanas não possuem preços de mercado. Ou seja, sua existência e alocação não são consideradas eficientes devido à ausência de transações nos mercados convencionais. Em tal situação, a análise ambiental sob a ótica da Análise Custo-Benefício (ACB) justifica-se, portanto, pela inexistência de mercados formais para grande parte dos bens e serviços ambientais, apesar de estes desempenharem função essencial à manutenção da vida e integrarem o funcionamento do sistema econômico (Perman et al., 2003).

O meio ambiente tem se tornado foco crescente da preocupação social e econômica. Essa mudança no pensamento da sociedade sobre os impactos ecológicos e ambientais resultantes da ação humana levou a transformações nos paradigmas produtivos e institucionais, conduzindo ao reconhecimento de novas formas de interação entre o meio ambiente, o setor produtivo e a sociedade. Esse processo culminou no fortalecimento de instrumentos econômicos e regulatórios voltados à incorporação da dimensão ambiental nos processos de planejamento e tomada de decisão, tanto no setor público quanto no setor privado (Sternier e Coria, 2011).

A partir das discussões ambientais iniciadas nas décadas anteriores, observou-se a incorporação progressiva das questões ambientais no funcionamento do sistema produtivo e nas decisões institucionais. No setor produtivo, a variável ambiental passou a ser considerada no planejamento empresarial, sendo reconhecida como fator relevante na estrutura de custos e na gestão das externalidades decorrentes das atividades econômicas. Paralelamente, no âmbito das políticas públicas, consolidaram-se instrumentos regulatórios voltados ao controle da poluição e à definição de padrões ambientais, refletindo a crescente preocupação da sociedade e dos governos com os impactos ambientais associados aos processos de produção e consumo (Lima, 2007).

Esse movimento contribuiu para o reconhecimento de que o meio ambiente constitui parte integrante de um sistema mais amplo, que envolve a interação entre o setor produtivo, a sociedade e os recursos naturais, reforçando a necessidade de adoção de mecanismos institucionais e tecnológicos destinados à redução dos

impactos ambientais e à melhoria do desempenho ambiental das atividades econômicas (Lima, 2007).

Verificou-se que a maioria dos impactos ambientais — inclusive aqueles de natureza potencialmente irreversível — pode ser significativamente reduzida, mitigada ou mesmo evitada quando os bens e serviços ambientais são devidamente identificados, valorados e incorporados de forma sistemática nas análises de projetos. Nesse contexto, desenvolveram-se diversos instrumentos de avaliação ambiental destinados a apoiar o processo decisório, permitindo a identificação, mensuração e integração dos impactos ambientais associados à provisão de bens e serviços à sociedade, bem como a internalização desses efeitos nas análises de viabilidade econômica.

Para diversos autores, a avaliação dos impactos ambientais requer métodos consistentes, abrangentes e comparáveis, capazes de fornecer informações confiáveis para o processo de tomada de decisão pública e privada e possibilitar a internalização dos efeitos ambientais nas escolhas econômicas (Hanley e Spash, 1993; Perman et al., 2003). A padronização metodológica desses instrumentos permite comparar alternativas de investimento e identificar aquelas que produzem maior benefício líquido para a sociedade.

A análise custo-benefício tem sido cada vez mais utilizada na avaliação de projetos e políticas que afetam serviços ecossistêmicos, constituindo instrumento fundamental para a seleção de alternativas capazes de maximizar os benefícios sociais e minimizar os custos ambientais (Pearce, 2002). Conforme Almansa e Martínez-Paz (2011), a ACB tornou-se a metodologia padrão na avaliação de investimentos públicos, especialmente na presença de impactos ambientais, devido à sua capacidade de incorporar efeitos de longo prazo e refletir as preferências sociais em termos monetários.

Nesse sentido, a ACB destaca-se entre os métodos de avaliação econômica por apresentar regras explícitas e transparentes, permitindo a quantificação monetária de custos e benefícios associados a uma determinada ação ou projeto e resultando em um parâmetro objetivo para o processo decisório (Contador, 2012). Entretanto, Hanley e Spash (1993) advertem que uma análise custo-benefício que pretenda incorporar variáveis ambientais enfrenta desafios significativos relacionados ao

tratamento de efeitos de longo prazo, irreversibilidade dos danos ambientais, riscos e incerteza associados à dinâmica dos ecossistemas.

A literatura econômica reconhece que a incorporação adequada da dimensão ambiental na análise de projetos exige adaptações metodológicas específicas, sobretudo em projetos com elevado número de externalidades ambientais. Essas adaptações incluem o aperfeiçoamento dos métodos de valoração econômica das externalidades e a revisão dos fundamentos teóricos associados à escolha da taxa de desconto, de modo a refletir adequadamente os impactos intertemporais das decisões econômicas (Sterner e Coria, 2011).

Ainda, a crescente relevância dos impactos ambientais e climáticos nas decisões públicas tem exigido adaptações metodológicas significativas na aplicação da análise custo-benefício. Projetos que envolvem efeitos de longo prazo, irreversibilidade ambiental e elevada incerteza exigem abordagens analíticas capazes de refletir adequadamente a dinâmica intertemporal dos impactos e a importância da preservação do capital natural, ampliando o escopo tradicional da avaliação econômica (O'Mahony, 2021).

Nesse contexto, a literatura acadêmica passou a enfatizar a necessidade de internalizar as características ambientais nos processos de avaliação econômica, por meio da valoração monetária das externalidades ambientais. Essa abordagem permite transformar atributos ambientais em variáveis economicamente mensuráveis, tornando-os passíveis de comparação com custos e benefícios financeiros tradicionais e permitindo sua incorporação em análises custo-benefício (Perman et al., 2003).

Destarte, destaca-se a preocupação das economias ambiental e ecológica em internalizar, de maneira adequada, os impactos sobre bens e serviços ecossistêmicos na avaliação das ações humanas. A valoração ambiental, por meio dos métodos desenvolvidos na literatura econômica, tem sido considerada uma resposta apropriada às demandas sociais por maior transparência e racionalidade econômica na gestão dos recursos naturais (Pearce, 2002).

Como observa Pearce (2002):

Os economistas já estavam familiarizados com a ideia de que provavelmente existem custos e benefícios decorrentes de qualquer forma de atividade econômica. Os custos assumem a forma de 'efeitos externos', neste caso, a suposta perda de

biodiversidade, sobre a qual as pessoas passaram a se preocupar muito mais do que anteriormente. (Tradução da mestrandia)

A inexistência de mercados para a grande maioria dos bens e serviços ambientais e a presença inerente de impactos ambientais em praticamente todas as atividades econômicas fomentam o surgimento de falhas de mercado classificadas como externalidades. Externalidades ocorrem quando as decisões de produção ou consumo de um agente afetam o bem-estar de outro agente sem que haja compensação financeira por esse impacto, positivo ou negativo (Perman et al., 2003).

Baseado em Contador (2012), podem ser identificadas quatro características fundamentais das externalidades:

1. Resultam da indefinição ou inexistência de direitos de propriedade;
2. Possuem caráter incidental ou involuntário;
3. São subprodutos de uma ação econômica;
4. São inevitáveis ou evitáveis a determinado custo social.

Cabe destacar que as externalidades podem ser classificadas conforme a direção da interação econômica entre os agentes envolvidos, podendo ocorrer nas seguintes relações:

- produtor sobre produtor
- produtor sobre consumidor
- consumidor sobre consumidor
- consumidor sobre produtor

Essa classificação permite compreender a complexidade das interações econômicas associadas aos impactos ambientais e facilita a identificação dos agentes responsáveis pelos efeitos gerados.

O esforço sistemático pela identificação e mensuração das externalidades decorrentes das ações humanas e sua posterior incorporação nos processos de tomada de decisão econômica tem se mostrado uma estratégia eficaz para reduzir os custos sociais associados a projetos e políticas públicas. Entretanto, a literatura destaca que a avaliação econômica pode falhar tanto pela omissão de impactos ambientais relevantes quanto pelo excesso de confiança na precisão das estimativas monetárias associadas aos custos e benefícios ambientais (Boardman et al., 2021).

Na tentativa de reduzir tais falhas, o processo de realização de uma Análise Custo-Benefício deve proceder à identificação completa dos custos e benefícios

envolvidos, incluindo externalidades ambientais, e mensurá-los em uma métrica comum, tradicionalmente expressa em unidades monetárias. A utilização da moeda como unidade de medida permite comparar impactos distintos e estabelecer critérios objetivos de decisão econômica, facilitando a priorização de projetos com maior contribuição para o bem-estar social (Perman et al., 2003).

Apesar disso, a utilização de valores monetários para representar externalidades ambientais tem sido objeto de críticas, sobretudo sob o enfoque ético e metodológico. Essas críticas decorrem da dificuldade de atribuir valor monetário a bens ambientais que possuem características únicas, como biodiversidade, paisagens naturais ou estabilidade climática. Ainda assim, a valoração monetária permanece uma ferramenta indispensável para a formulação de políticas públicas e para a definição de mecanismos de compensação ambiental e indenização por danos ambientais (Stern e Coria, 2011).

Nesse contexto, torna-se necessária a utilização de métodos específicos de valoração ambiental capazes de estimar o valor econômico de atributos ambientais que não possuem mercado formal. Esses métodos permitem incorporar externalidades ambientais na análise econômica e refletem o reconhecimento de que os recursos naturais possuem valor econômico mesmo quando não são transacionados em mercados convencionais (Pearce, 2002).

A literatura especializada apresenta diversas técnicas de valoração ambiental, incluindo métodos baseados em preferências reveladas e preferências declaradas, bem como métodos baseados em custos evitados e custos de reposição. Esses instrumentos são amplamente utilizados na avaliação econômica de projetos de infraestrutura e políticas ambientais, permitindo a estimação do valor monetário de impactos ambientais e a comparação entre alternativas de investimento (Perman et al., 2003).

Adicionalmente, estudos recentes sobre custos externos do transporte e de outras atividades econômicas demonstram que a consideração sistemática das externalidades ambientais na análise de projetos permite identificar custos sociais frequentemente ignorados em avaliações financeiras tradicionais, contribuindo para decisões mais eficientes e socialmente desejáveis. A internalização desses custos externos constitui um dos principais objetivos da análise custo-benefício aplicada à gestão ambiental e ao planejamento de infraestrutura (CE Delft, 2019). Essa

abordagem contribui para decisões públicas mais eficientes e socialmente desejáveis, ao refletir de maneira mais precisa os impactos ambientais associados às alternativas de investimento (O'Mahony, 2021).

3.4. Métodos de Valoração Ambiental e sua Relevância para a Análise Custo-Benefício

Como discutido na seção anterior, a incorporação adequada das externalidades ambientais constitui condição essencial para a aplicação da Análise Custo-Benefício (ACB) em projetos e políticas públicas que afetam o meio ambiente. Contudo, a simples identificação dos impactos ambientais não é suficiente para permitir sua inclusão na avaliação econômica. Torna-se necessário, adicionalmente, estimar o valor econômico desses impactos, de modo a possibilitar sua comparação com outros custos e benefícios associados à intervenção analisada.

Nesse contexto, os métodos de valoração ambiental desempenham papel central na operacionalização da análise custo-benefício aplicada ao meio ambiente, pois permitem transformar alterações na qualidade ambiental e na disponibilidade de recursos naturais em valores monetários comparáveis. Essa conversão possibilita a internalização das externalidades ambientais no processo de tomada de decisão econômica, contribuindo para a alocação mais eficiente dos recursos escassos e para a redução dos custos sociais associados às atividades econômicas (Perman et al., 2003).

A literatura econômica reconhece que a ausência de mercados formais para grande parte dos bens e serviços ambientais — como qualidade da água, biodiversidade e estabilidade climática — exige o desenvolvimento de técnicas específicas de mensuração econômica desses atributos. Tais técnicas permitem estimar o valor social das mudanças ambientais, refletindo as preferências individuais e coletivas associadas ao uso e à preservação dos recursos naturais (Pearce, 2002).

Do ponto de vista metodológico, os métodos de valoração ambiental podem ser classificados em dois grandes grupos:

- **métodos baseados em preferências declaradas**, que utilizam pesquisas e experimentos para estimar a disposição a pagar dos indivíduos por melhorias ambientais;

- **métodos baseados em preferências reveladas**, que utilizam dados observados em mercados relacionados ao bem ambiental.

Além desses, a literatura também destaca métodos baseados em custos evitados, custos de reposição e preços-sombra, amplamente utilizados em avaliações econômicas de projetos públicos e em estudos de impacto ambiental (Stern e Coria, 2011).

A aplicação desses métodos tem se expandido significativamente nas últimas décadas, especialmente em setores nos quais as externalidades ambientais são relevantes, como transporte, energia e infraestrutura em geral. Estudos empíricos demonstram que a consideração sistemática dos custos ambientais — como poluição atmosférica, emissões de gases de efeito estufa e acidentes — pode alterar de forma significativa a avaliação econômica de projetos e políticas públicas, evidenciando a importância da correta mensuração das externalidades ambientais (CE Delft, 2019).

Entretanto, a utilização de métodos de valoração ambiental envolve desafios metodológicos relevantes. Entre esses desafios destacam-se:

- a incerteza associada à mensuração dos impactos ambientais;
- a dificuldade de capturar valores não relacionados ao uso direto dos recursos naturais;
- a possibilidade de erros na estimativa dos custos e benefícios ambientais;
- a sensibilidade dos resultados às premissas adotadas na análise.

Em razão dessas dificuldades, a literatura econômica enfatiza que a valoração ambiental realizada de forma inadequada ou incompleta pode conduzir a resultados distorcidos na análise custo-benefício, comprometendo a avaliação da viabilidade econômica e social dos projetos. Isso ocorre porque a subestimação ou superestimação dos impactos ambientais altera diretamente o cálculo do valor presente líquido e, conseqüentemente, a decisão econômica associada à implementação do projeto (Perman et al., 2003).

Não obstante a relevância desses aspectos metodológicos, a presente dissertação não tem como objetivo aprofundar a discussão técnica sobre os diferentes métodos de valoração ambiental ou suas respectivas limitações. O foco deste trabalho reside na análise do papel das externalidades ambientais e da taxa de desconto na avaliação econômica de projetos, sendo a valoração ambiental tratada como

instrumento necessário para a operacionalização da análise custo-benefício, mas não como objeto central da investigação.

Assim, os métodos de valoração ambiental serão considerados, neste estudo, como ferramentas auxiliares destinadas a permitir a incorporação das externalidades ambientais na análise econômica dos projetos, assegurando maior consistência metodológica e aderência dos resultados à realidade econômica e ambiental observada.

Por essa razão, a descrição detalhada das técnicas de valoração ambiental utilizadas na literatura acadêmica será apresentada de forma sintética no Apêndice A desta dissertação, com o objetivo de fornecer suporte conceitual à análise desenvolvida, sem desviar o foco principal do trabalho.

Diante do exposto, e considerando a relevância da correta mensuração das externalidades ambientais para a adequada aplicação da Análise Custo-Benefício, apresenta-se, a seguir, a título de referência conceitual e com finalidade meramente informativa, um quadro-resumo contendo os principais métodos de valoração ambiental identificados na literatura econômica.

O quadro sistematiza esses métodos segundo a nomenclatura adotada por diferentes autores e suas respectivas classificações metodológicas, permitindo ao leitor compreender, de forma sintética, as abordagens disponíveis para a estimação do valor econômico dos bens e serviços ambientais. Ressalta-se, novamente, que a apresentação desse quadro não tem por objetivo aprofundar a discussão técnica sobre os métodos de valoração, mas sim evidenciar a diversidade de instrumentos existentes e reforçar a importância de sua correta aplicação para evitar distorções na análise econômica de projetos e políticas públicas.

Quadro 4 - Classificação dos Métodos de Valoração

<i>Ano</i>	<i>Autor</i>	<i>Classificação</i>	<i>Método</i>
2001	Nunes e Van Den Bergh	Preferência Revelada	Custo Viagem
			Preço Hedônico
			Comportamento Evitado
			Função Produção
		Estado de Preferência	Valoração Contingente
2004	Maia; Romeiro e Reydon	Métodos Diretos	Valoração Contingente
			Preço Hedônico
			Custo Viagem
		Métodos Indiretos	Custo de Controle
			Custo de Reposição
			Gastos Evitados
			Produtividade Marginal
			Custos de Oportunidade
2005	Defries e Pagíola	Preferência Revelada	Produtividade Marginal
			Custo de Doença, Capital Humano
			Custo de Reposição e variantes
			Custo de Viagem
			Preço Hedônico
		Preferência Declarada	Contingente
			Modelo de Escolha
		Outros Métodos	Transferência de Benefícios
2010	Brander e outros	Valores de Mercado	Preço de Mercado
			Custos Evitados, Substituição e Restauração
			Função Produção
		Preferência Revelada	Custo de Viagem
			Preço Hedônico
		Mercados Hipotéticos	Valoração Contingente
			Valoração de Grupo
			Modelo de Escolha
2012	Mueller	Valores de Mercado	Custo de Oportunidade
			Mudança de Produtividade
			Capital Humano
			Custo de Restauração
		Mercados Substitutos	Preço Hedônico
			Custo de Viagem
		Mercados Hipotéticos	Valoração Contingente

Fonte: Quadro elaborado pela autora, com base em Castro e Nogueira, 2019.

4. TAXA DE DESCONTO

4.1. Fundamentos e Relevância na Análise Custo-Benefício

Objetivando a maximização da utilidade presente — frequentemente utilizada como proxy para medir o bem-estar da sociedade — e o equilíbrio intertemporal das decisões econômicas, considerando, assim, o bem-estar das gerações futuras, surge a necessidade de analisar o valor real dos custos e benefícios ambientais futuros decorrentes de ações presentes. Esse problema é particularmente relevante em projetos ambientais e de infraestrutura, nos quais os impactos se estendem por longos horizontes temporais e afetam diferentes gerações, exigindo a adoção de critérios consistentes para comparar fluxos econômicos distribuídos ao longo do tempo (Ramsey, 1928; Solow, 1986).

Nesse contexto, a taxa de desconto desempenha papel fundamental na análise custo-benefício, especialmente no cálculo do valor presente dos custos e benefícios futuros, expressando as preferências da geração atual em relação ao consumo presente e futuro. A taxa de desconto reflete, portanto, o custo de oportunidade do capital, a preferência temporal dos indivíduos e a expectativa de crescimento econômico, constituindo elemento central na avaliação econômica de projetos e políticas públicas com impactos ambientais e sociais (Perman et al., 2003; Boardman et al., 2021).

No âmbito da análise custo-benefício aplicada a projetos públicos, a taxa de desconto constitui um dos parâmetros mais relevantes para a avaliação econômica das intervenções, uma vez que sua definição determina o peso atribuído aos fluxos de custos e benefícios ao longo do tempo. A utilização adequada do procedimento de desconto permite expressar julgamentos consistentes sobre o desempenho econômico dos projetos, influenciando diretamente a decisão de implementá-los ou rejeitá-los. Dessa forma, a taxa de desconto não deve ser compreendida apenas como um instrumento técnico de cálculo, mas como um elemento estruturante do processo decisório em políticas públicas e investimentos de longo prazo. (Tajani et al., 2023).

Como já mencionado, um dos pontos de maior controvérsia na aplicação de uma análise custo-benefício com consequências intergeracionais é a prática do desconto. Essa controvérsia torna-se ainda mais intensa no âmbito da gestão ambiental, em razão da existência de impactos ambientais potencialmente

irreversíveis e de longo prazo. Mueller (2012) destaca que a prática do desconto é tema recorrente de debate na literatura econômica, especialmente quando aplicada à avaliação de políticas ambientais, existindo literaturas favoráveis à utilização de taxas positivas de desconto e outras que defendem taxas reduzidas ou diferenciadas para refletir preocupações com a sustentabilidade e a equidade intergeracional (Mueller, 2012; Stern, 2006).

Em estudos de viabilidade econômica nos quais uma análise custo-benefício é requerida, a escolha da taxa de desconto a ser aplicada para o cálculo do valor presente dos custos e benefícios ao longo do tempo sustenta todo o processo decisório de seleção ou rejeição de um projeto ou política pública. Pequenas variações na taxa de desconto podem produzir diferenças significativas nos resultados da análise, especialmente quando os fluxos de custos e benefícios ocorrem em horizontes temporais longos. Essa característica torna a taxa de desconto um dos parâmetros mais sensíveis e determinantes da análise econômica de projetos (Gollier e Weitzman, 2010; Arrow et al., 2013).

A escolha inadequada da taxa de desconto pode conduzir a decisões economicamente ineficientes e socialmente indesejáveis. Quando a taxa é fixada em níveis excessivamente elevados, projetos que geram benefícios sociais relevantes no longo prazo podem ser descartados, em razão da redução significativa do valor presente desses benefícios. Por outro lado, a adoção de taxas demasiadamente baixas pode resultar na alocação de recursos escassos em projetos cuja rentabilidade social não justifica o investimento realizado. Assim, a definição da taxa de desconto deve ser realizada com base em critérios técnicos transparentes e sensíveis às características do projeto avaliado. (Tajani et al., 2023).

Utilizando conceitos econômicos, o resultado de uma análise de viabilidade — financeira ou econômica — é altamente sensível à taxa de desconto aplicada. Entre as diversas especificidades técnicas inerentes à análise custo-benefício, destaca-se a escolha da taxa de desconto como questão central na avaliação de projetos de longo prazo, particularmente quando há impactos ambientais relevantes ou efeitos intergeracionais associados às decisões econômicas. Nesses casos, a taxa de desconto não representa apenas um parâmetro técnico, mas também uma escolha normativa, que envolve julgamentos implícitos sobre a importância relativa do bem-estar presente e futuro (Sterner e Coria, 2011; Arrow et al., 2013).

Gollier e Weitzman (2010) reforçam a dependência da análise custo-benefício em relação à taxa de desconto escolhida, destacando a significativa discrepância no valor presente de fluxos futuros quando são utilizadas taxas de desconto aparentemente pequenas. Em horizontes temporais extensos, como aqueles associados a mudanças climáticas, conservação ambiental e gestão de recursos naturais, diferenças mínimas na taxa de desconto podem resultar em variações expressivas no valor econômico atribuído aos impactos ambientais futuros, influenciando diretamente as decisões de investimento e de política pública (Stern, 2006; Gollier e Weitzman, 2010).

Adicionalmente, a literatura econômica reconhece que a escolha da taxa de desconto assume importância ainda maior quando os projetos avaliados envolvem recursos naturais ou serviços ecossistêmicos, cujos impactos podem ser persistentes ou irreversíveis. Nessas situações, a aplicação de taxas de desconto elevadas pode reduzir significativamente o peso econômico dos impactos ambientais futuros, levando à subestimação dos custos ambientais e à adoção de decisões economicamente ineficientes do ponto de vista social. Esse fenômeno é frequentemente discutido no contexto da sustentabilidade e da responsabilidade intergeracional, especialmente em estudos sobre mudanças climáticas e gestão de recursos naturais (Solow, 1974; Stern, 2006).

Embora a adoção de valores padronizados para a taxa social de desconto facilite a comparação entre projetos distintos, a utilização de parâmetros uniformes pode resultar em mecanismos de desconto inadequados quando desconsidera as especificidades econômicas, sociais e ambientais do contexto em que o projeto será implementado. Nesse sentido, a literatura recente destaca a importância de ajustar a taxa de desconto às condições concretas de cada território, de modo a refletir adequadamente as diferenças de desenvolvimento, vulnerabilidade ambiental e prioridades sociais existentes entre regiões e países. (Tajani et al., 2023).

Em resposta a essas preocupações, diferentes abordagens têm sido propostas na literatura para tratar adequadamente a dimensão temporal dos impactos ambientais, incluindo o uso de taxas de desconto diferenciadas, taxas decrescentes ao longo do tempo e métodos alternativos de avaliação intertemporal. Essas propostas buscam conciliar eficiência econômica e equidade intergeracional, reconhecendo que as decisões atuais podem produzir efeitos significativos sobre o

bem-estar das gerações futuras. O desenvolvimento dessas abordagens constitui um dos principais avanços recentes na teoria econômica aplicada à avaliação de políticas ambientais e de projetos de longo prazo (Yang, 2010; Bellinger, 2013).

Diante desse cenário, a taxa de desconto emerge como variável central na análise custo-benefício aplicada ao meio ambiente, representando não apenas um parâmetro técnico de cálculo, mas um elemento fundamental na definição das prioridades econômicas e sociais associadas ao uso dos recursos naturais. Assim, compreender os fundamentos teóricos e as implicações práticas da taxa de desconto torna-se condição indispensável para a avaliação econômica consistente de projetos e políticas públicas que envolvem impactos ambientais de longo prazo e questões relacionadas à sustentabilidade e à equidade entre gerações (Perman et al., 2003; Sterner e Coria, 2011; Boardman et al., 2021).

4.2. Aspectos Conceituais Básicos

4.2.1. O Desconto

A moldura teórica da racionalidade econômica aplicada à análise custo-benefício estabelece que o critério fundamental de avaliação deve ser pautado na comparação monetária dos fluxos de custos e benefícios em termos de valor presente. Em outras palavras, deve ser possível confrontar os impactos econômicos de uma ação independentemente do momento em que eles ocorrerão. Nesse sentido, a estimação do valor presente de todos os fluxos monetários — custos ou benefícios — depende diretamente da taxa de desconto adotada na análise, sendo essa relação particularmente relevante em projetos de longo prazo, nos quais se enquadram a maior parte das intervenções com impactos ambientais (Perman et al., 2003; Boardman et al., 2021).

Do ponto de vista conceitual, o desconto pode ser entendido como o procedimento econômico utilizado para converter valores futuros em valores presentes, permitindo a comparação entre fluxos monetários distribuídos ao longo do tempo. Esse mecanismo constitui um elemento central da teoria econômica intertemporal e representa a forma pela qual a sociedade expressa suas preferências temporais e suas expectativas quanto ao crescimento econômico e ao uso dos recursos disponíveis. Assim, o desconto não deve ser interpretado apenas como um

instrumento matemático, mas como um mecanismo econômico e social que reflete decisões coletivas sobre consumo, investimento e poupança ao longo do tempo (Ramsey, 1928; Solow, 1986).

Mas por que descontar? Por que fluxos monetários futuros possuem menor peso em valores atuais do que no período em que efetivamente ocorrerão? A resposta a essas questões encontra-se nos fundamentos econômicos do comportamento dos indivíduos e das instituições, os quais refletem preferências temporais positivas e a existência de alternativas de investimento. Em termos gerais, indivíduos consumidores tendem a valorizar mais o consumo presente do que o consumo futuro, enquanto produtores e investidores avaliam decisões com base no retorno esperado de aplicações alternativas de capital. Esses dois fatores — preferência temporal e custo de oportunidade — constituem os fundamentos econômicos clássicos que justificam a utilização do desconto na análise econômica (Pearce e Nash, 1981; Perman et al., 2003).

Sob a perspectiva da análise custo-benefício, o desconto desempenha função essencial ao permitir a comparação entre custos e benefícios que ocorrem em diferentes períodos, tornando possível avaliar a viabilidade econômica de projetos e políticas públicas. Sem a utilização de uma taxa de desconto, não seria possível estabelecer critérios objetivos para decidir entre alternativas de investimento que produzem impactos em momentos distintos do tempo. Dessa forma, o desconto constitui um instrumento técnico indispensável para a análise econômica, assegurando consistência metodológica e comparabilidade intertemporal dos resultados obtidos (Stern e Coria, 2011; Boardman et al., 2021).

Grande parte da literatura econômica defende o uso do desconto com base na observação do comportamento real dos agentes econômicos e na necessidade de alocar recursos escassos de forma eficiente ao longo do tempo. Nesse contexto, o desconto representa o custo associado ao adiamento do consumo e reflete a necessidade de compensação econômica para renunciar ao uso imediato de recursos. Esse raciocínio está diretamente relacionado à teoria do capital e ao conceito de produtividade marginal do investimento, segundo o qual os recursos disponíveis hoje podem gerar retornos adicionais se forem investidos em atividades produtivas (Solow, 1974; Perman et al., 2003).

Além disso, a utilização do desconto na análise custo-benefício também se justifica por razões sociais e institucionais, especialmente no âmbito da formulação de políticas públicas. Governos e instituições públicas operam sob restrições orçamentárias e enfrentam múltiplas demandas concorrentes por recursos, tornando necessário estabelecer critérios que permitam priorizar investimentos com maior retorno social. A taxa de desconto, nesse contexto, funciona como instrumento de racionalização das decisões públicas, permitindo avaliar a eficiência econômica das alternativas disponíveis e selecionar aquelas que proporcionam maior benefício líquido para a sociedade (Arrow et al., 2013).

Outra justificativa técnica para o uso do desconto na análise custo-benefício está relacionada à incerteza inerente aos eventos futuros. Em geral, quanto maior o horizonte temporal considerado, maior será o grau de incerteza associado aos custos e benefícios projetados. A aplicação de uma taxa de desconto positiva permite incorporar implicitamente essa incerteza na avaliação econômica, reduzindo o peso atribuído a fluxos futuros cuja ocorrência é menos previsível. Essa abordagem é amplamente utilizada em estudos de viabilidade econômica e planejamento de longo prazo, especialmente em projetos de infraestrutura e políticas ambientais (Stern, 2006; Gollier e Weitzman, 2010).

Portanto, o desconto emerge como um dos elementos centrais da análise custo-benefício, desempenhando papel fundamental na avaliação econômica de projetos e políticas públicas. Sua utilização permite transformar fluxos monetários distribuídos ao longo do tempo em uma métrica comum — o valor presente — possibilitando a comparação entre alternativas de investimento e a identificação daquelas que maximizam o bem-estar social. A compreensão dos fundamentos conceituais do desconto torna-se, assim, condição indispensável para a correta aplicação da análise custo-benefício e para a interpretação dos resultados obtidos (Perman et al., 2003; Boardman et al., 2021).

4.2.2. Preferência Temporal Social

Para Pearce e Nash (1981), os indivíduos tendem a preferir o consumo presente ao consumo futuro, mesmo quando há certeza quanto à disponibilidade de consumo no futuro. Esse comportamento reflete a existência de uma preferência temporal positiva, segundo a qual o valor atribuído a um benefício diminui à medida que sua

ocorrência é postergada no tempo. A preferência temporal constitui, portanto, um dos principais fundamentos psicológicos e econômicos da prática do desconto, sendo amplamente utilizada para explicar decisões intertemporais de consumo e investimento (Pearce e Nash, 1981; Perman et al., 2003).

Pearce e Nash (1981) argumentam que as escolhas intertemporais dos indivíduos são influenciadas por três fatores principais: a miopia pura, a incerteza quanto ao futuro e a utilidade marginal decrescente do consumo. A miopia pura refere-se à tendência dos indivíduos de valorizar o presente em detrimento do futuro por razões comportamentais ou psicológicas. Já a incerteza quanto à manutenção da vida ou ao acesso a recursos futuros reforça a preferência por benefícios imediatos, refletindo um comportamento racional em ambientes de risco e incerteza.

Por sua vez, a utilidade marginal decrescente do consumo está associada à expectativa de crescimento econômico e aumento da renda ao longo do tempo. De acordo com essa hipótese, as gerações futuras tendem a possuir maior nível de renda e, conseqüentemente, atribuir menor valor marginal a unidades adicionais de consumo. Esse argumento fornece uma justificativa econômica para a aplicação de uma taxa de desconto positiva, pois sugere que transferências de recursos do presente para o futuro podem gerar menor ganho de bem-estar relativo (Ramsey, 1928; Stern, 2006).

Sob a perspectiva da economia do bem-estar, a preferência temporal social representa a forma pela qual a sociedade estabelece trade-offs entre consumo presente e consumo futuro, influenciando diretamente a definição da taxa de desconto social utilizada em avaliações econômicas de projetos públicos. Nesse sentido, a taxa de desconto não reflete apenas decisões individuais, mas incorpora julgamentos normativos sobre a importância relativa do bem-estar das gerações atuais e futuras (Stern e Coria, 2011; Arrow et al., 2013).

4.2.3. Custo de Oportunidade

Com base nesse pressuposto teórico, a taxa de desconto também pode ser estimada a partir do custo de oportunidade social do capital, definido como o retorno que poderia ser obtido em um investimento alternativo caso os recursos não fossem aplicados no projeto em análise. Esse conceito reflete a ideia de que os recursos disponíveis na economia são escassos e possuem usos alternativos, sendo

necessário considerar o valor do investimento não realizado ao avaliar a viabilidade econômica de um projeto (Perman et al., 2003; Boardman et al., 2021).

Para Lopez (2008), a principal justificativa para a utilização do custo de oportunidade como taxa de desconto reside no entendimento de que o investimento em projetos públicos implica, necessariamente, a renúncia a investimentos privados, especialmente em economias com restrições de capital no curto prazo. Sob essa perspectiva, projetos públicos devem ser implementados apenas quando seus benefícios sociais superarem o retorno que seria obtido na melhor alternativa de investimento disponível.

Halicioglu (2011) destaca que, em contextos de mercados imperfeitos e incerteza econômica, o custo de oportunidade pode ser estimado como a taxa de retorno esperada de investimentos alternativos ou como a taxa de retorno de ativos financeiros considerados livres de risco. Essa abordagem reflete a necessidade de incorporar informações sobre o funcionamento dos mercados financeiros e as condições macroeconômicas na definição da taxa de desconto social.

Entretanto, quando a análise envolve externalidades ambientais e impactos de longo prazo sobre recursos naturais, a utilização exclusiva do custo de oportunidade como taxa de desconto torna-se objeto de debate na literatura econômica. Isso ocorre porque decisões que afetam o meio ambiente podem produzir efeitos irreversíveis e não substituíveis, especialmente quando envolvem capital natural ou serviços ecossistêmicos. Nesses casos, a aplicação de taxas de desconto elevadas pode reduzir artificialmente o valor econômico dos impactos ambientais futuros, comprometendo a avaliação da sustentabilidade das decisões econômicas (Solow, 1974; Stern, 2006).

Assim, uma vez que as decisões atuais de produção e investimento incidem diretamente sobre o meio ambiente e produzem consequências de longo prazo, torna-se necessário estabelecer uma relação equilibrada entre o uso do desconto e a preservação do capital natural. Essa relação constitui um dos principais desafios da economia ambiental contemporânea e reforça a importância de compreender os fundamentos conceituais do desconto antes de sua aplicação em análises custo-benefício que envolvam impactos ambientais e intergeracionais (Perman et al., 2003; Sterner e Coria, 2011).

4.2.4. A abordagem de Ramsey para a taxa social de desconto e a equidade intergeracional

A formulação teórica proposta por Ramsey (1928) constitui o marco fundacional da moderna teoria da escolha intertemporal e da determinação da taxa social de desconto, sendo amplamente utilizada na avaliação econômica de políticas públicas e projetos de infraestrutura. O autor buscou responder à questão normativa fundamental de quanto uma sociedade deve poupar ao longo do tempo, de modo a maximizar o bem-estar coletivo intertemporal, estabelecendo uma regra geral para a alocação eficiente de recursos entre gerações (Ramsey, 1928).

No modelo de Ramsey, a taxa social de desconto emerge de uma função de bem-estar social intertemporal, na qual o consumo, presente e futuro, são avaliados em termos de utilidade agregada. Essa abordagem introduz explicitamente a dimensão ética da avaliação econômica, ao reconhecer que a escolha da taxa de desconto reflete valores sociais relacionados à justiça intergeracional e à responsabilidade com as gerações futuras.

Um dos princípios normativos centrais do modelo é a rejeição da ideia de que o bem-estar futuro deve ser automaticamente desvalorizado apenas por ocorrer em períodos posteriores. Ramsey argumenta que a prática de descontar o futuro simplesmente por sua distância temporal é eticamente indefensável, sendo resultado da limitação da capacidade humana de imaginar o bem-estar das gerações futuras (Ramsey, 1928).

Esse princípio constitui a base conceitual da equidade intergeracional, particularmente relevante em contextos nos quais os impactos econômicos e ambientais se manifestam em horizontes temporais extensos, como ocorre em projetos de infraestrutura de transporte, políticas climáticas e gestão de recursos naturais.

A taxa social de desconto proposta por Ramsey resulta da interação entre três fatores fundamentais: a preferência temporal pura, a elasticidade da utilidade marginal do consumo e a taxa esperada de crescimento econômico.

A relação fundamental derivada por Ramsey pode ser expressa pela seguinte equação, conhecida como Regra de Ramsey, que estabelece o valor da taxa social de desconto socialmente ótima (Ramsey, 1928):

$$r = \rho + \eta g$$

onde:

- r = taxa social de desconto
- ρ = taxa de preferência temporal pura
- η = elasticidade da utilidade marginal do consumo
- g = taxa de crescimento do consumo per capita

Essa expressão demonstra que a taxa social de desconto é determinada pela soma de dois componentes fundamentais: a preferência temporal pura e o efeito do crescimento econômico sobre a utilidade marginal do consumo. Em termos econômicos, o primeiro componente reflete o grau de impaciência social ou a disposição da sociedade em adiar o consumo presente, enquanto o segundo representa a expectativa de aumento do nível de consumo ao longo do tempo e sua influência sobre o valor relativo do consumo futuro.

A abordagem de Ramsey também reconhece explicitamente a presença de incerteza nas decisões intertemporais. A evolução futura da economia, da tecnologia e das condições ambientais pode alterar significativamente o valor social do consumo e dos recursos naturais, tornando a definição da taxa social de desconto dependente de parâmetros incertos e sujeitos a revisões ao longo do tempo. Essa característica torna particularmente relevante a adoção de taxas de desconto diferenciadas entre tipos de capital — notadamente entre capital natural e capital produzido — e entre projetos distintos de investimento, especialmente em análises que envolvem impactos ambientais de longo prazo.

4.3. Desconto e o Meio Ambiente

A necessidade contemporânea de incorporar a dimensão da equidade intertemporal na tradicional análise custo-benefício tem conduzido a questionamentos relevantes acerca da adequação da ferramenta em determinados tipos de projetos, especialmente aqueles que apresentam externalidades ambientais significativas ou cujos custos e benefícios sociais se estendem por longos horizontes temporais, materializando impactos intergeracionais. Esse questionamento relaciona-se, fundamentalmente, ao emprego da taxa de desconto no tratamento das externalidades ambientais, frequentemente aplicada de forma homogênea a diferentes tipos de capital, sem considerar suas características econômicas e ecológicas específicas (Almansa e Martínez-Paz, 2011).

O ponto central da discussão passa a ser, portanto, como ponderar adequadamente os custos e benefícios futuros de projetos que interferem na qualidade ambiental presente, comparando-os com custos e benefícios atuais. De acordo com Baum (2009), distintas abordagens na determinação das taxas de desconto podem impactar diretamente o nível de extração de recursos naturais e a capacidade de manutenção do meio ambiente ao longo do tempo, evidenciando a relevância da escolha do critério de desconto para a sustentabilidade econômica e ambiental.

Nesse contexto, Almansa e Martínez-Paz (2011) apresentam propostas metodológicas voltadas à adaptação da análise custo-benefício às preocupações ambientais, destacando a possibilidade de utilização de taxas de desconto inferiores às taxas tradicionais para ativos ambientais, bem como a adoção de funções de desconto decrescentes ao longo do tempo ou, ainda, a aplicação de diferentes taxas de desconto para diferentes tipos de variáveis, configurando o chamado desconto duplo.

Na proposta de taxas de desconto decrescentes, os autores afirmam que uma função de desconto hiperbólica tende a melhorar a viabilidade de projetos em que os custos ocorrem predominantemente na fase inicial de implantação e os benefícios se manifestam apenas no longo prazo. A função decrescente reduz progressivamente a taxa aplicada aos fluxos futuros, refletindo a crescente incerteza e a maior relevância atribuída ao bem-estar das gerações futuras, aproximando-se assintoticamente de valores reduzidos ao longo do horizonte de análise (Gollier e Weitzman, 2010).

A aplicação de uma função hiperbólica de desconto conduz, portanto, a valores presentes decrescentes das externalidades futuras no curto prazo, com posterior valorização relativa desses fluxos no longo prazo. Entretanto, permanece implícita nessa abordagem a hipótese de crescimento econômico contínuo e a substitutabilidade entre diferentes formas de capital, o que pode não refletir adequadamente a dinâmica dos recursos ambientais, cuja disponibilidade pode ser limitada ou irreversível (Solow, 1974; Stern, 2006).

Mesmo com o intuito de considerar o meio ambiente na análise, a utilização de taxas decrescentes não pondera plenamente as diferenças estruturais entre capital natural e capital produzido. Externalidades iniciais associadas à degradação ambiental podem assumir caráter permanente, enquanto externalidades futuras de

natureza econômica podem refletir ganhos de produtividade ou crescimento econômico. Essa assimetria reforça a necessidade de diferenciar explicitamente os critérios de desconto aplicados a diferentes tipos de ativos (Neumayer, 1999). Assim, a definição da taxa de desconto influencia diretamente a forma como os recursos ambientais são considerados no processo decisório e constitui elemento central para a compatibilização entre eficiência econômica e sustentabilidade intergeracional (Boardman et al., 2021).

Quadro 5 - Abordagens alternativas ao desconto tradicional em projetos ambientais

<i>Abordagem</i>	<i>Característica principal</i>	<i>Justificativa econômica</i>	<i>Limitação principal</i>
<i>Taxa constante</i>	Mesma taxa ao longo do tempo	Simplicidade e consistência financeira	Subestima impactos de longo prazo
<i>Taxa decrescente</i>	Taxa diminui ao longo do tempo	Reduz peso excessivo do presente	Não diferencia tipos de capital
<i>Taxa dupla de desconto</i>	Taxas distintas para capital econômico e ambiental	Reconhece natureza não reprodutiva do capital natural	Maior complexidade metodológica

Fonte: Elaboração própria com base em Almansa e Martínez-Paz (2011), Kula e Evans (2010) e Stern (2006).

4.3.1. A Taxa Dupla de Desconto

Em outra linha de argumentação, o procedimento de taxa dupla de desconto propõe a utilização de diferentes taxas de desconto para bens tangíveis e bens intangíveis, dentro de uma mesma análise custo-benefício. Nesse caso, o desconto oscila entre uma taxa baseada na preferência temporal social — aplicada às variáveis econômicas — e uma taxa ambiental mais baixa, ou mesmo nula, aplicada às variáveis ambientais.

Essa abordagem parte do reconhecimento de que diferentes tipos de capital possuem características econômicas distintas. Enquanto o capital produzido é reprodutível e acumulável ao longo do tempo, o capital natural pode apresentar estoques limitados e capacidade restrita de regeneração, justificando o tratamento diferenciado de seus fluxos de custos e benefícios (Kula e Evans, 2010).

Autores favoráveis à aplicação da preferência temporal social como taxa de desconto para ativos econômicos afirmam que o principal componente da taxa de

desconto é a utilidade marginal decrescente do consumo. Nesse cenário, e considerando o crescimento contínuo da economia, o desconto duplo torna-se relevante, pois reconhece que ativos ambientais possuem oferta limitada e não podem ser substituídos integralmente por capital produzido, mesmo em economias tecnologicamente avançadas (Ramsey, 1928; Perman et al., 2003).

Neumayer (1999) argumenta que, independentemente da metodologia utilizada para estimar a taxa de desconto, os custos e benefícios ambientais devem ser tratados de forma distinta dos demais valores econômicos, dado que externalidades ambientais tendem a adquirir importância crescente ao longo do tempo. Citando Krutilla e Fisher (1975), Neumayer defende que bens ambientais podem apresentar valor relativo crescente, justificando taxas de desconto reduzidas ou, em determinados contextos, taxas próximas de zero.

Para Kula e Evans (2010), a eficiência econômica e a sustentabilidade ambiental podem ser alcançadas por meio da utilização de duas taxas de desconto distintas: uma voltada à eficiência alocativa dos recursos econômicos e outra direcionada à preservação do capital natural e à promoção da equidade intergeracional.

Quadro 6 - Lógica econômica da taxa dupla de desconto.

<i>Tipo de capital</i>	<i>Característica econômica</i>	<i>Taxa de desconto recomendada</i>	<i>Objetivo</i>
<i>Capital produzido</i>	Reprodutível e acumulável	Taxa positiva	Eficiência econômica
<i>Capital natural</i>	Finito ou de regeneração limitada	Taxa reduzida ou nula	Sustentabilidade
<i>Serviços ecossistêmicos</i>	Valor crescente ao longo do tempo	Taxa muito baixa ou negativa	Equidade intergeracional

Fonte: Elaboração própria com base em Neumayer (1999), Kula e Evans (2010) e Stern (2006).

Stern (2006) também defende a adoção de uma abordagem diferenciada para o tratamento dos impactos ambientais, sugerindo a utilização de taxas de desconto extremamente baixas — ou mesmo negativas — quando houver deterioração do meio ambiente. Segundo o autor, se o consumo material estiver crescendo enquanto a qualidade ambiental estiver se deteriorando, a taxa de desconto aplicada ao consumo

pode ser positiva, enquanto a taxa aplicada ao meio ambiente pode ser negativa, refletindo o aumento relativo da escassez ambiental.

O desconto duplo conduz, portanto, a uma análise custo-benefício mais compatível com os princípios da sustentabilidade, favorecendo a seleção de projetos ambientalmente responsáveis e ampliando a viabilidade econômica de investimentos que geram benefícios ambientais. Para Hanley e Spash (1993), fatores ambientais devem ser objeto de taxas de desconto reduzidas devido à natureza não produtiva e frequentemente insubstituível do capital natural, reforçando a dimensão ética inerente à avaliação econômica de projetos ambientais.

Yang (2003) reforça esse entendimento ao argumentar que sociedades descontam bens distintos de maneiras diferentes, especialmente quando esses bens não são substitutos perfeitos. Nesse contexto, a utilização de taxas diferenciadas de desconto torna-se metodologicamente consistente e economicamente justificável, sobretudo em análises que envolvem impactos ambientais significativos e efeitos intergeracionais.

Para O'Mahony (2021) uma das questões sensíveis sobre a taxa de desconto refere-se aos diferentes tipos de capital aos quais a taxa se aplica. Segundo o autor, diferentes tipos de capital podem exigir a consideração de diferentes taxas de desconto, de modo a refletir adequadamente o papel e o valor de cada tipo de capital para o bem-estar social.

Dado o exposto, observa-se que o debate contemporâneo sobre desconto ambiental transcende a simples definição de uma taxa de desconto adequada, passando a envolver questões estruturais relacionadas à natureza do capital natural, à sustentabilidade econômica e à responsabilidade intergeracional. Muitos autores na literatura econômica do meio ambiente defendem a necessidade de ponderação adequada dos recursos ambientais no âmbito das análises custo-benefício, não apenas como instrumento de equidade intergeracional, mas como reconhecimento explícito da importância estratégica dos ativos ambientais na formulação de políticas públicas e decisões de investimento (Stern e Coria, 2011; O'Mahony, 2021).

O desconto, quando aplicado de forma uniforme e tradicional, tende a desestimular investimentos em projetos com benefícios ambientais de longo prazo, uma vez que custos e benefícios distantes no tempo assumem valores presentes reduzidos, frequentemente insuficientes para justificar a implementação de políticas

ambientais ou projetos de conservação. Esse efeito decorre diretamente da preferência temporal positiva e do custo de oportunidade do capital, fundamentos clássicos da teoria econômica do desconto (Perman et al., 2003).

Por essa razão, embora não seja possível eliminar completamente a utilização do desconto nas análises econômicas — dada sua importância para a eficiência alocativa dos recursos — torna-se necessário diferenciar o tratamento aplicado ao capital produzido e ao capital natural. Enquanto o capital econômico pode ser acumulado e reproduzido ao longo do tempo, o capital natural apresenta limites físicos e ecológicos que exigem tratamento específico no processo de avaliação econômica.

Por fim, destaca-se que a simples redução homogênea da taxa de desconto não garante resultados economicamente eficientes nem ambientalmente sustentáveis. A adoção de taxas diferenciadas de desconto — especialmente no formato de taxa dupla de desconto — oferece uma alternativa metodológica capaz de conciliar eficiência econômica e equidade intergeracional, permitindo avaliar adequadamente os impactos ambientais e econômicos de projetos e políticas públicas ao longo do tempo.

5. ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA E AMBIENTAL: O DESCONTO NA PRÁTICA

5.1. Razões normativas e técnicas para a estruturação de um Estudo de Viabilidade Econômica

A realização de um Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental (EVTEA) constitui etapa fundamental no processo de planejamento e decisão sobre investimentos em infraestrutura, especialmente no setor de transportes. Esse tipo de estudo tem como finalidade verificar, de forma sistemática e fundamentada, se os benefícios decorrentes da implantação de um empreendimento superam os custos necessários à sua execução, fornecendo subsídios técnicos e econômicos para a priorização da alocação de recursos públicos.

Do ponto de vista institucional, o EVTEA é concebido como instrumento de suporte ao processo decisório, permitindo identificar, mensurar e analisar os aspectos técnicos, econômicos e ambientais relevantes de um empreendimento, de modo a indicar a alternativa mais adequada diante das limitações financeiras, sociais e ambientais existentes. Nesse sentido, o estudo deve confrontar custos e benefícios associados ao projeto, contribuindo para a decisão quanto à continuidade ou não do investimento proposto (VALEC, 2018).

Sob a ótica normativa, a elaboração do EVTEA deve observar diretrizes estabelecidas por órgãos reguladores e entidades técnicas, como o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), as normas da ABNT e demais referências técnicas aplicáveis ao setor de transportes. Essas diretrizes exigem que todas as soluções recomendadas sejam precedidas de análise comparativa de alternativas, demonstrando que a alternativa selecionada é tecnicamente adequada, economicamente eficiente e ambientalmente menos impactante (DNIT, 2021).

Adicionalmente, os escopos técnicos do EVTEA estabelecem que o estudo deve integrar diferentes áreas do conhecimento — engenharia, meio ambiente e economia — de forma a permitir uma avaliação abrangente do empreendimento. Essa integração metodológica garante que a decisão de investimento não seja baseada exclusivamente em critérios financeiros, mas também em impactos sociais e ambientais associados ao projeto, reforçando o caráter multidimensional da análise de viabilidade.

5.2. Objetivos e funções do estudo de viabilidade econômica

O estudo de viabilidade econômica possui como principal objetivo avaliar, sob a ótica socioeconômica, se os benefícios decorrentes de um investimento público justificam os recursos necessários à sua implementação. Em termos operacionais, essa avaliação permite:

- priorizar projetos de infraestrutura
- selecionar alternativas tecnicamente adequadas
- reduzir riscos associados ao investimento
- apoiar a tomada de decisão governamental
- assegurar o uso eficiente dos recursos públicos

Nesse contexto, o estudo socioeconômico constitui instrumento essencial para orientar a alocação de recursos em infraestrutura, fornecendo indicadores de desempenho econômico que permitem comparar diferentes alternativas de investimento e selecionar aquela que apresenta maior retorno social (VALEC, 2018).

Além disso, o EVTEA desempenha papel estratégico na identificação e mitigação de riscos associados ao empreendimento, permitindo antecipar possíveis variações nos resultados esperados e definir medidas corretivas antes da execução do projeto. Essa característica reforça o caráter preventivo e prospectivo do estudo, contribuindo para aumentar a segurança das decisões de investimento.

5.3. Estrutura metodológica do EVTEA

A metodologia de elaboração do EVTEA é estruturada de forma sequencial e integrada, contemplando um conjunto de estudos técnicos e econômicos que se inter-relacionam ao longo do processo de avaliação do empreendimento.

De acordo com as diretrizes metodológicas estabelecidas nos documentos técnicos analisados, o EVTEA deve contemplar, no mínimo, os seguintes componentes (Valec, 2018):

- Estudos de Mercado
- Estudos de engenharia
- Estudos Operacionais
- Estudos ambientais
- Estimativas de custos do empreendimento

- Estudos socioeconômicos
- Definição e cálculo dos benefícios
- Análise socioeconômica (Análise Custo-Benefício)

Essa estrutura metodológica evidencia que a análise econômica não é realizada de forma isolada, mas depende diretamente das informações geradas pelos estudos técnicos e ambientais, os quais fornecem as bases necessárias para a quantificação dos custos e benefícios do empreendimento.

No âmbito da análise socioeconômica, a avaliação do projeto é realizada por meio da comparação entre os custos estimados para a implantação do empreendimento e os benefícios resultantes da sua execução, considerando externalidades mensuráveis associadas à intervenção. Essa comparação permite verificar se o projeto gera ganhos líquidos para a sociedade e se contribui para o aumento do bem-estar social (VALEC, 2018).

5.4. Metodologia de cálculo do fluxo de caixa socioeconômico

A análise custo-benefício em estudos de viabilidade econômica é operacionalizada por meio da construção de um fluxo de caixa socioeconômico, no qual são registrados, ao longo do horizonte temporal do projeto, todos os custos e benefícios associados ao empreendimento.

O fluxo de caixa constitui o instrumento central da avaliação econômica, pois permite converter os valores anuais de custos e benefícios em valores presentes, possibilitando a comparação entre fluxos monetários que ocorrem em diferentes momentos no tempo.

Conforme estabelecido nos documentos técnicos analisados, os custos e benefícios devem ser convertidos para valores presentes utilizando uma taxa de desconto representativa do custo de oportunidade do capital, refletindo o valor do dinheiro no tempo e o risco associado à decisão de investimento (Brasil, 2016).

A partir do fluxo de caixa socioeconômico, são calculados os principais indicadores de viabilidade econômica do projeto, os quais permitem avaliar a eficiência econômica do investimento e subsidiar o processo decisório.

Os principais indicadores utilizados na avaliação de viabilidade econômica, conforme já apresentados anteriormente nessa dissertação, são:

- Valor Presente Líquido (VPL)
- Relação Benefício-Custo (B/C)
- Taxa Interna de Retorno (TIR)
- Tempo de Recuperação do Investimento (Payback)

Esses indicadores permitem identificar se o investimento apresenta retorno econômico suficiente para justificar sua execução.

De acordo com as diretrizes metodológicas estabelecidas nos documentos técnicos, um empreendimento será considerado economicamente viável quando (VALEC, 2018):

- o Valor Presente Líquido - VPL for positivo
- a relação benefício-custo for maior que um
- a taxa interna de retorno for superior à taxa de desconto adotada
- o tempo de recuperação do investimento for inferior ao horizonte do projeto

5.5. Estudo de caso — Aplicação prática da Análise Custo-Benefício no projeto Açailândia–Barcarena

A aplicação prática da metodologia descrita anteriormente pode ser observada no estudo, adaptado, de viabilidade econômica elaborado para o projeto ferroviário Açailândia–Barcarena, cujo objetivo consistiu em avaliar a viabilidade socioeconômica da implantação de infraestrutura ferroviária destinada ao transporte de cargas (ANTT, 2013).

O estudo foi estruturado a partir da elaboração de um fluxo de caixa socioeconômico, no qual foram estimados os custos de implantação e operação do empreendimento, bem como os benefícios econômicos, sociais e ambientais decorrentes da sua execução. Esse fluxo de caixa foi projetado ao longo do horizonte temporal do projeto, permitindo a avaliação da evolução dos custos e benefícios ao longo do tempo.

A análise socioeconômica foi realizada com base na comparação entre os custos estimados para a implantação do empreendimento e os benefícios resultantes da sua execução, considerando as externalidades positivas associadas à melhoria da infraestrutura de transporte e à redução de custos logísticos.

5.6. Estrutura da análise realizada no estudo de Açailândia

O estudo de viabilidade econômica do projeto contemplou as seguintes etapas metodológicas:

- Estimativa dos investimentos necessários à implantação do empreendimento
- Projeção da demanda de transporte ao longo do horizonte do projeto
- Identificação e quantificação dos benefícios econômicos
- Identificação e quantificação dos benefícios de segurança
- Identificação e quantificação dos benefícios ambientais
- Construção do fluxo de caixa socioeconômico
- Cálculo dos indicadores de viabilidade econômica
- Realização de análise de sensibilidade

Essa estrutura metodológica reflete o modelo tradicional de análise custo-benefício aplicado a projetos de infraestrutura de transporte.

Para a estimação dos custos de investimento a metodologia baseia-se na conversão de custos financeiros em custos econômicos, utilizando coeficientes de conversão para obtenção dos valores a custo de fatores, isto é, valores ajustados para refletir a eficiência econômica, conforme apresentado abaixo (ANTT, 2013).

A estimação dos custos seguiu os seguintes passos:

1. Levantamento dos custos financeiros por tipo de obra e serviço (Figura 2)
2. Aplicação de fatores de conversão do DNIT (Figura 3)
3. Exclusão de impostos indiretos e inclusão de subsídios
4. Distribuição temporal dos investimentos (Figura 4)
5. Construção do fluxo de caixa econômico

Esse procedimento é típico da avaliação socioeconômica, pois busca medir o custo real para a sociedade, e não apenas o desembolso financeiro.

Figura 2 - Resumo dos Custos de Investimento – CAPEX.

Obras e Serviços Diversos	Custo de Investimento (R\$ 2013)	Custo de Investimento (custo de fatores)
Serviços Preliminares	9.781.786	6.847.250
Terraplanagem	459.360.881	365.191.901
Obras de Arte Correntes e Drenagem	147.995.418	103.744.788
Pavimentação	3.204.390	2.502.628
Superestrutura Ferroviária	1.309.348.505	916.543.953
Obras Complementares	125.185.981	87.630.186
Obras de Arte Especiais	357.296.801	261.898.555
Meio Ambiente	112.362.918	87.643.076
Sistemas Ferroviários	105.061.660	73.543.162
Custos Indiretos de Implantação	57.778.997	45.067.617
Projeto Executivo	108.497.877	84.628.344
Desapropriação e Aquisição de Terras	22.487.181	15.741.026
Equipamentos Ferroviários	69.056.970	48.339.879
TOTAL	2.887.419.365	2.099.322.368

Fonte: Elaboração Própria com base nos dados do EVTEA.

Figura 3 - Fator de Correção dos Valores Correntes a Valores a Custo de Fatores (IPR - 727. DNIT, 2006).

Obras e Serviços	Fator de Conversão
Escavação e revestimentos de túneis	0.70
Emboques	0.70
Obras de arte especiais	0.73
Terraplenagem	0.79
Pavimentação	0.78
Drenagem	0.70
Proteção de taludes	0.70
Superestrutura	0.70
Gestão ambiental, supervisão de obras, projetos e riscos	0.78
Quaisquer	0.70

Figura 4 - Discriminação do Investimento por ano, a custo de fatores.

	Custo de Investimento	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4
Serviços Preliminares	6.847.250	6.847.250	-	-	-
Terraplanagem	365.191.901	-	182.595.950	182.595.950	-
Obras de Arte Correntes e Drenagem	103.744.788	-	51.872.394	31.123.437	20.748.958
Pavimentação	2.502.628	-	2.502.628	-	-
Superestrutura Ferroviária	916.543.953	-	-	-	916.543.953
Obras Complementares	87.630.186	-	-	43.815.093	43.815.093
Obras de Arte Especiais	261.898.555	-	130.949.278	130.949.278	-
Meio Ambiente	87.643.076	21.910.769	21.910.769	21.910.769	21.910.769
Sistemas Ferroviários	73.543.162	-	-	36.771.581	36.771.581
Custos Indiretos de Implantação	45.067.617	18.027.047	18.027.047	9.013.523	-
Projeto Executivo	84.628.344	84.628.344	-	-	-
Desapropriação e Aquisição de Terras	15.741.026	15.741.026	-	-	-
Equipamentos Ferroviários	48.339.879	-	-	-	48.339.879
TOTAL	2.099.322.368	147.154.438	407.858.069	456.179.634	1.088.130.238

Fonte: Elaboração Própria com base nos dados do EVTEA.

A utilização de preços a custo de fatores é uma exigência metodológica da ACB, pois elimina transferências internas da economia e permite medir o custo social real do investimento.

Os benefícios econômicos foram calculados a partir da redução dos custos logísticos de transporte decorrente da substituição parcial do transporte rodoviário pelo transporte ferroviário. Para tanto, foram identificadas as cargas passíveis de migração modal e estimados os custos unitários de transporte para cada modal, com base em sistemas de referência de custos logísticos. Em seguida, foi realizada a projeção da demanda ao longo do horizonte de análise do projeto, permitindo a estimativa dos custos totais de transporte nos cenários com e sem a implantação da ferrovia. O benefício econômico foi definido como a economia de custos logísticos resultante da melhoria da eficiência operacional do sistema de transporte, sendo classificado como benefício direto de eficiência econômica (ANTT, 2013).

Os benefícios de segurança foram estimados com base na redução dos custos associados a acidentes de transporte, decorrente da diminuição do volume de tráfego rodoviário proporcionada pela transferência de cargas para o modal ferroviário. A metodologia consistiu na projeção do volume de tráfego em cada cenário, seguida da estimativa do número esperado de acidentes por modal e da valoração monetária dos custos associados a esses eventos, incluindo perdas humanas, despesas médicas e danos materiais. O benefício de segurança corresponde, portanto, à economia de

recursos resultante da redução da ocorrência de acidentes, sendo caracterizado como benefício social decorrente da diminuição de externalidades negativas associadas ao transporte rodoviário (ANTT, 2013).

Por sua vez, os benefícios ambientais foram estimados a partir da redução das emissões de poluentes atmosféricos decorrente da substituição modal entre o transporte rodoviário e o ferroviário. Para essa finalidade, foram considerados os principais poluentes associados ao transporte de cargas, incluindo dióxido de carbono (CO_2), óxidos de nitrogênio (NO_x) e material particulado. Inicialmente, foram estimados os volumes de transporte por modal em cada cenário, aos quais foram aplicados fatores de emissão específicos, permitindo o cálculo das emissões totais de poluentes. Em seguida, essas emissões foram convertidas em valores monetários por meio da aplicação de preços sociais dos poluentes definidos em estudos técnicos especializados. O benefício ambiental foi definido como a redução dos custos ambientais associada à diminuição das emissões, sendo classificado como benefício ambiental por redução de externalidades negativas (ANTT, 2013).

Em conjunto, os benefícios econômicos, de segurança e ambientais foram agregados ao longo do tempo e incorporados ao fluxo de caixa socioeconômico do projeto, constituindo a base para o cálculo dos indicadores de viabilidade econômica, como, por exemplo, o valor presente líquido (VPL).

5.6.1. O Fluxo de Caixa

Os custos e benefícios anteriormente estimados foram organizados em séries anuais ao longo do horizonte de análise do projeto, permitindo a estruturação do fluxo de caixa socioeconômico. Do lado dos custos, foram considerados os investimentos em infraestrutura, os custos de operação e manutenção e eventuais custos de reposição de ativos, estimados em termos econômicos e distribuídos temporalmente conforme o cronograma de implantação e operação do empreendimento, apresentado na Figura 4.

Por sua vez, os benefícios incluíram aqueles já mensurados nas etapas anteriores da análise, notadamente os benefícios econômicos decorrentes da redução dos custos logísticos de transporte, os benefícios de segurança associados à diminuição dos custos de acidentes e os benefícios ambientais relacionados à redução das emissões de poluentes. Esses benefícios foram estimados com base na

comparação entre os cenários com e sem projeto e expressos em valores monetários anuais ao longo do período de avaliação.

A partir da consolidação dessas informações, o fluxo de caixa socioeconômico foi estruturado como a diferença entre os benefícios totais e os custos totais em cada período, sendo posteriormente descontado por meio da aplicação da taxa social de desconto adotada na análise, de 8,5%. Esse procedimento permitiu a obtenção do fluxo de caixa em valor presente, que constitui a base para o cálculo dos indicadores de viabilidade econômica do projeto (ANTT, 2013).

Figura 5 - Valores dos Custos de Investimento, Benefícios Socioeconômicos e Fluxo de Caixa

Ano	Ano de Operação	CAPEX/OPEX (R\$)	Benefício econômico (R\$)	Benefício de Segurança (R\$)	Benefício Ambiental (R\$)	Fluxo de Caixa Descontado (R\$)
2014	0	- 147.154.438	-	-	-	- 147.154.438
2015	1	- 407.858.069	-	-	-	- 375.906.054
2016	2	- 456.179.634	-	-	-	- 387.504.202
2017	3	- 1.088.130.238	-	-	-	- 851.905.975
2018	4	- 15.576.887	520.432.268	9.390.572	7.121.478	376.205.330
2019	5	- 16.200.126	552.052.954	9.941.906	7.539.590	367.992.459
2020	6	- 21.888.427	583.922.329	10.496.157	7.959.915	355.808.480
2021	7	- 22.643.957	623.189.408	11.157.487	8.461.444	350.347.201
2022	8	- 23.423.931	663.843.461	11.839.896	8.978.959	344.286.625
2023	9	- 24.248.826	706.983.058	12.560.939	9.525.772	338.229.245
2024	10	- 26.089.323	753.225.322	13.342.437	10.118.433	331.978.048
2025	11	- 28.053.815	798.270.848	14.096.952	10.690.630	324.072.761
2026	12	- 30.063.109	843.619.921	14.852.071	11.263.286	315.466.248
2027	13	- 32.153.701	890.945.250	15.638.074	11.859.362	306.894.253
2028	14	- 34.331.340	940.439.237	16.458.936	12.481.875	298.413.111
2029	15	- 36.329.094	976.908.539	17.093.715	12.963.269	285.502.894
2030	16	- 39.618.416	1.077.068.241	18.898.331	14.331.826	290.257.782
2031	17	- 41.498.418	1.118.679.995	19.625.938	14.883.618	277.765.685
2032	18	- 43.247.125	1.152.574.741	20.209.969	15.326.526	263.644.463
2033	19	- 45.014.248	1.185.851.023	20.780.550	15.759.235	249.890.853
2034	20	- 46.793.563	1.218.050.755	21.332.054	16.177.476	236.454.580
2035	21	- 49.615.556	1.298.058.944	22.762.521	17.262.291	232.299.996
2036	22	- 51.450.556	1.329.449.545	23.298.922	17.669.079	219.169.283
2037	23	- 52.426.061	1.356.528.316	23.768.783	18.025.405	206.123.575
2038	24	- 52.911.018	1.381.643.263	24.206.175	18.357.107	193.560.771
2039	25	- 53.360.879	1.404.840.390	24.611.893	18.664.790	181.449.111
2040	26	- 53.793.849	1.426.994.031	25.002.021	18.960.649	169.920.809
2041	27	- 54.185.577	1.446.986.140	25.355.387	19.228.629	158.843.720
2042	28	- 54.551.035	1.465.526.832	25.685.076	19.478.654	148.309.961
2043	29	- 54.889.650	1.482.580.050	25.990.611	19.710.361	138.310.680
2044	30	- 55.209.998	1.498.590.928	26.279.928	19.929.768	128.876.812
2045	31	- 55.509.356	1.513.452.961	26.550.912	20.135.274	119.979.700
2046	32	- 55.796.378	1.527.637.420	26.811.292	20.332.737	111.635.387
2047	33	- 56.076.604	1.541.460.175	27.065.763	20.525.718	103.837.381
2048	34	- 56.346.783	1.554.809.704	27.311.571	20.712.130	96.546.174

Fonte: Elaboração Própria com base nos dados do EVTEA.

5.7. Taxa de desconto adotada na análise

No estudo de caso analisado, foi utilizada uma taxa de desconto única aplicada a todos os fluxos de custos e benefícios do projeto, independentemente de sua natureza econômica, social ou ambiental. Na avaliação socioeconômica do projeto ferroviário Açailândia–Vila do Conde foi adotada uma taxa de desconto equivalente a 8,5% ao ano, utilizada como Taxa Mínima de Atratividade (TMA) para a conversão dos fluxos de custos e benefícios futuros em valores presentes.

Essa abordagem corresponde ao procedimento metodológico tradicional adotado em análises custo-benefício de projetos de infraestrutura, no qual uma única taxa de desconto é utilizada para converter os fluxos monetários futuros em valores presentes.

Contudo, essa prática implica assumir que todos os benefícios possuem o mesmo valor temporal relativo, hipótese que pode subestimar a importância de benefícios ambientais de longo prazo — questão que constitui objeto de discussão teórica e empírica na literatura contemporânea sobre avaliação econômica de projetos de infraestrutura e sustentabilidade intergeracional.

Para a taxa social de desconto adotada na análise, fixada em 8,5% ao ano para todos os fluxos de custos e benefícios, o Valor Presente Líquido (VPL) do projeto foi estimado em R\$ 5.759.602.710, indicando que os benefícios socioeconômicos gerados pelo empreendimento superam os custos econômicos ao longo do horizonte de avaliação e, portanto, evidenciando a viabilidade econômica positiva do investimento sob as premissas metodológicas estabelecidas.

Entretanto, em consonância com a discussão desenvolvida ao longo desta dissertação acerca da adequada valoração dos bens e ativos ambientais e da necessidade de considerar sua natureza intergeracional, foram simulados cenários alternativos de desconto aplicados especificamente aos benefícios ambientais. Os resultados indicam que, quando se adota uma taxa de desconto diferenciada de 2% ao ano para as externalidades ambientais, mantendo-se a taxa de 8,5% para os demais fluxos econômicos, o Valor Presente Líquido do projeto se eleva para R\$ 5.965.239.755, refletindo o aumento do valor presente dos ganhos ambientais de longo prazo.

Adicionalmente, quando se considera a hipótese de taxa de desconto nula (0%) para externalidades ambientais — cenário que representa uma abordagem normativa

mais restritiva quanto à substituíbilidade do capital natural e à preservação do bem-estar das gerações futuras — o Valor Presente Líquido do projeto alcança R\$ 6.122.800.746, evidenciando, de forma ainda mais expressiva, a relevância econômica dos benefícios ambientais quando estes são ponderados por critérios de desconto compatíveis com sua natureza temporal e ecológica.

Esses resultados reforçam o argumento central desta dissertação de que a utilização de taxas de desconto diferenciadas para externalidades ambientais pode alterar significativamente a magnitude dos indicadores de viabilidade econômica, ampliando a percepção dos ganhos sociais associados a projetos de infraestrutura e fortalecendo, em maior grau, a justificativa econômica para sua implementação, especialmente quando envolvem externalidades ambientais positivas de longo prazo.

Figura 6 - Impacto no VPL da Variação da Taxa de Desconto sobre Benefícios Ambientais.

Cenário de desconto aplicado aos benefícios ambientais	Taxa Aplicada (%)	VPL (R\$)
Taxa uniforme para todos os custos e benefícios	8,5%	R\$ 5.759.602.710
Taxa diferenciada para benefícios ambientais	2%	R\$ 5.965.239.755
Taxa nula para benefícios ambientais	0%	R\$ 6.122.800.746

Fonte: Elaboração Própria, com base nos dados do EVTEA.

Embora o Valor Presente Líquido do projeto seja positivo mesmo sob a aplicação de uma taxa de desconto uniforme para todos os fluxos de custos e benefícios, a adoção da metodologia de taxa dupla de desconto revela-se conceitualmente adequada e metodologicamente consistente com os fundamentos da economia ambiental e da sustentabilidade intergeracional. Tal adequação decorre do reconhecimento de que os ativos ambientais considerados na análise apresentam características de finitude, baixa substitutabilidade e capacidade limitada de regeneração, distinguindo-se, portanto, dos ativos econômicos convencionais.

Nesse contexto, a aplicação de taxas diferenciadas de desconto não se justifica pela necessidade de tornar o projeto economicamente viável — condição já evidenciada pelo resultado positivo do VPL no caso em análise —, mas sim pela busca de uma representação mais fiel do valor social das externalidades ambientais ao longo do tempo, evitando sua subavaliação em processos decisórios de longo prazo.

Por fim, cabe destacar que a metodologia de valoração das externalidades ambientais utilizada constitui elemento importante na análise custo-benefício, na

medida em que permite a identificação e a mensuração dos impactos ambientais associados à implementação de projetos de infraestrutura, assegurando a adequada internalização dos custos e benefícios ambientais no processo decisório. Todavia, no âmbito da avaliação socioeconômica, a taxa de desconto adotada revela-se um parâmetro de maior sensibilidade frente às questões de sustentabilidade intergeracional, uma vez que exerce influência direta sobre a magnitude do valor presente dos benefícios ambientais de longo prazo e, conseqüentemente, sobre a própria percepção da viabilidade econômica do empreendimento. Esse aspecto torna-se particularmente relevante quando se consideram bens e serviços ambientais caracterizados por baixa substitutabilidade e por efeitos que se estendem ao longo de horizontes temporais amplos.

Adicionalmente, cumpre ressaltar que a análise socioeconômica de projetos é elaborada de forma pontual, em determinado momento do tempo, com base nas melhores informações e parâmetros disponíveis à época da avaliação, não havendo, em regra, a possibilidade de atualização contínua dos valores de valoração ambiental ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento, em razão da necessidade institucional e regulatória de tomada de decisão em momento específico. Nesse contexto, a taxa de desconto assume papel metodológico estratégico, pois representa o principal instrumento capaz de incorporar, de forma prospectiva, as preocupações relacionadas à equidade intergeracional e à manutenção dos bens e serviços ambientais desejáveis pela sociedade, contribuindo para uma avaliação econômica mais consistente com os princípios da sustentabilidade e com a preservação do capital natural no longo prazo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso eficiente dos recursos naturais, agrupados sob a designação de capital natural, constitui um pré-requisito essencial para o desenvolvimento econômico sustentável, especialmente em um contexto de crescente pressão sobre os ecossistemas e de intensificação das atividades produtivas. Nesse cenário, a economia ambiental e, em especial, a economia ecológica desempenham papel fundamental na identificação dos valores associados aos bens e serviços ambientais, permitindo sua adequada incorporação nos processos de tomada de decisão econômica e no planejamento de políticas públicas e projetos de investimento.

Ao longo desta dissertação, demonstrou-se que o sistema econômico não pode ser compreendido como um sistema isolado e autocontido, independente dos limites físicos e ecológicos do meio ambiente. Ao contrário, os processos de produção e consumo interferem diretamente no funcionamento dos ecossistemas, seja por meio da extração de recursos naturais, seja pelo descarte de resíduos e emissões resultantes das atividades econômicas. Essa interação permanente entre economia e meio ambiente reforça a necessidade de instrumentos analíticos capazes de mensurar e avaliar os impactos ambientais associados às decisões econômicas, especialmente quando tais impactos se manifestam ao longo de extensos horizontes temporais.

Nesse contexto, a Análise Custo-Benefício (ACB) consolidou-se como uma ferramenta central na avaliação da viabilidade econômica, social e ambiental de ações, programas e projetos com efeitos de longo prazo. Entretanto, evidenciou-se que a utilização da ACB em contextos ambientais exige cuidados metodológicos adicionais, particularmente no que se refere ao tratamento intertemporal dos custos e benefícios e à consideração adequada das externalidades ambientais. A taxa de desconto, instrumento interno da ACB responsável por converter valores futuros em valores presentes, mostrou-se um dos elementos mais sensíveis e controversos no processo de avaliação econômica, influenciando diretamente a seleção ou rejeição de projetos e políticas públicas (Boardman et al., 2021).

A pergunta central desta pesquisa — descontar ou não descontar? como ponderar custos e benefícios ambientais futuros — revelou-se, portanto, não apenas uma questão técnica, mas também uma questão econômica, ética e intergeracional. A análise da literatura demonstrou que o desconto não deve ser eliminado das avaliações econômicas, uma vez que constitui instrumento indispensável para a

comparação intertemporal de fluxos de custos e benefícios e para a eficiência alocativa dos recursos. Contudo, também ficou evidenciado que a aplicação indiscriminada de taxas de desconto convencionais pode conduzir à subavaliação dos custos e benefícios ambientais futuros e, conseqüentemente, à adoção de decisões economicamente ineficientes e ambientalmente insustentáveis.

O estudo evidenciou que não existe uma taxa de desconto universal aplicável a todos os tipos de projetos ou políticas públicas. A determinação da taxa adequada deve considerar as características específicas do projeto, a natureza dos impactos envolvidos, o horizonte temporal de análise e, sobretudo, a distinção entre capital produzido e capital natural. Essa constatação reforça a necessidade de avaliações individualizadas e tecnicamente fundamentadas, capazes de refletir as particularidades de cada contexto econômico e ambiental.

Outro resultado relevante desta pesquisa foi a identificação de que o capital natural não pode ser tratado como plenamente substituível pelo capital produzido. Recursos ambientais desempenham funções essenciais ao funcionamento do sistema econômico e ao bem-estar humano, incluindo a provisão de recursos naturais, a regulação climática e a manutenção da qualidade ambiental. A perda ou degradação desses ativos pode gerar impactos irreversíveis e de longo prazo, impossíveis de serem compensados exclusivamente por meio do crescimento econômico ou da acumulação de capital físico.

Nesse sentido, a literatura analisada aponta para a necessidade de aperfeiçoamento dos critérios de desconto aplicados em análises custo-benefício envolvendo impactos ambientais, destacando a utilização de taxas de desconto mais baixas, taxas decrescentes ao longo do tempo ou, ainda, taxas diferenciadas para distintos tipos de capital. Essas abordagens refletem o reconhecimento da escassez crescente dos recursos naturais e da importância de incorporar explicitamente considerações de sustentabilidade e equidade intergeracional no processo de avaliação econômica.

Diante desse conjunto de evidências, a principal conclusão desta dissertação pode ser sintetizada da seguinte forma: custos e benefícios ambientais futuros não podem ser negligenciados nem tratados de forma homogênea em relação aos demais fluxos econômicos, devendo ser cuidadosamente analisados, ponderados e incorporados ao processo decisório por meio de metodologias que reconheçam a

natureza limitada e estratégica do capital natural. Essa conclusão reforça a necessidade de aprimoramento contínuo das ferramentas de avaliação econômica, de modo a garantir que decisões de investimento e políticas públicas sejam compatíveis com os princípios da sustentabilidade e do uso responsável dos recursos naturais.

Adicionalmente, verificou-se que a simples redução generalizada das taxas de desconto não constitui solução suficiente para assegurar a sustentabilidade ambiental ou a eficiência econômica. O desafio central reside na construção de metodologias capazes de diferenciar adequadamente os tipos de capital envolvidos e de refletir a complexidade das relações entre economia e meio ambiente. Nesse contexto, a adoção de critérios diferenciados de desconto — como a utilização de taxas específicas para ativos ambientais — representa um avanço relevante na busca por análises custo-benefício mais consistentes e alinhadas aos objetivos de desenvolvimento sustentável.

Por fim, esta dissertação buscou contribuir para o debate acadêmico e técnico acerca da aplicação da taxa de desconto em análises custo-benefício com impactos ambientais, oferecendo um arcabouço teórico que reforça a importância da consideração explícita do capital natural no processo de avaliação econômica. Reconhece-se, entretanto, que o tema permanece em constante evolução e que novas pesquisas são necessárias para aprimorar os métodos de estimação e aplicação de taxas de desconto ambientalmente adequadas, especialmente em setores intensivos em recursos naturais e em projetos de infraestrutura de longo prazo.

Assim, conclui-se que a adequada consideração da avaliação econômica de projetos e políticas públicas não consiste em abandonar o desconto, mas em utilizá-lo de forma criteriosa, transparente e tecnicamente fundamentada, reconhecendo que a sustentabilidade econômica e ambiental depende, fundamentalmente, da capacidade de ponderar corretamente os custos e benefícios ambientais ao longo do tempo e de assegurar que as decisões presentes não comprometam o bem-estar das gerações futuras.

6.1. Caminho a Trilhar

A pesquisa realizada reflete a preocupação concreta de técnicos e economistas na condução de análises custo-benefício (ACB) voltadas à implantação de ações e

projetos, especialmente no setor de infraestrutura, frente às externalidades ambientais resultantes dessas intervenções. A correta ponderação de bens e serviços ambientais, tanto no que se refere aos custos quanto aos benefícios, no âmbito de uma ACB, mostra-se urgente para se alcançar a sustentabilidade almejada pelo setor produtivo e pelas políticas públicas contemporâneas, sobretudo em contextos de crescente pressão sobre os recursos naturais e de maior exigência por responsabilidade ambiental nas decisões de investimento (Perman et al., 2003; Sterner e Coria, 2011).

Nesse sentido, a literatura econômica ambiental destaca que a análise custo-benefício constitui um instrumento fundamental de apoio à tomada de decisão pública, permitindo comparar alternativas de investimento com base em critérios de eficiência econômica e bem-estar social. Contudo, quando aplicada a projetos com impactos ambientais relevantes e de longo prazo, a ferramenta exige adaptações metodológicas capazes de incorporar explicitamente a dimensão intertemporal e a natureza particular do capital natural, cuja disponibilidade pode ser limitada, irreversível ou sujeita a processos de degradação cumulativa (Hanley e Spash, 1993; Field e Field, 2007).

Dessa forma, um dos caminhos mais promissores para o avanço da pesquisa na área consiste no desenvolvimento de metodologias mais refinadas para a estimação de taxas de desconto ambientalmente adequadas, capazes de refletir não apenas as condições econômicas vigentes, mas também as características específicas dos bens ambientais afetados, o grau de irreversibilidade dos impactos e o horizonte temporal de análise. A literatura recente sugere que abordagens como o uso de taxas de desconto diferenciadas, taxas decrescentes ao longo do tempo ou sistemas de desconto dual representam alternativas metodológicas consistentes para lidar com a incerteza de longo prazo e com a natureza não substituível de determinados componentes do capital natural (Arrow et al., 2013; O'Mahony, 2021).

Outro eixo importante de pesquisa futura consiste na análise comparativa entre diferentes abordagens institucionais para a definição da taxa social de desconto, considerando as diretrizes adotadas por organismos internacionais e por governos nacionais na avaliação econômica de projetos públicos. Essa linha de investigação pode contribuir para a harmonização de práticas metodológicas e para o fortalecimento da governança econômica e ambiental no planejamento de investimentos de longo prazo, especialmente em países em desenvolvimento, onde a

pressão por expansão da infraestrutura frequentemente se combina com a necessidade de conservação dos recursos naturais.

No âmbito acadêmico, a presente dissertação também abre espaço para pesquisas voltadas à modelagem econômica aplicada, com o objetivo de testar empiricamente os efeitos da adoção de diferentes taxas de desconto sobre os resultados das análises custo-benefício. Estudos baseados em simulações econômicas e análises de sensibilidade podem contribuir para demonstrar, de forma quantitativa, a magnitude dos impactos decorrentes da escolha da taxa de desconto, fornecendo subsídios técnicos adicionais para a formulação de políticas públicas e para o aprimoramento dos instrumentos de avaliação econômica utilizados na administração pública.

Por fim, destaca-se que o avanço da agenda de pesquisa sobre taxas de desconto e sustentabilidade depende do fortalecimento do diálogo interdisciplinar entre economia, ecologia, engenharia e planejamento público. A complexidade dos desafios associados à gestão sustentável dos recursos naturais exige abordagens integradas, capazes de considerar simultaneamente aspectos econômicos, ambientais, sociais e tecnológicos. Nesse contexto, o desenvolvimento de metodologias que reconheçam explicitamente a natureza limitada e, em muitos casos, insubstituível do capital natural representa um passo fundamental para a construção de sistemas de avaliação econômica mais consistentes com os princípios da sustentabilidade e da responsabilidade intergeracional.

7. CONCLUSÃO

A presente dissertação teve como objetivo central discutir o papel da taxa de desconto na análise custo-benefício aplicada a projetos com impactos ambientais de longo prazo, buscando responder à questão que orientou o estudo: como ponderar adequadamente custos e benefícios ambientais futuros, em processos de decisão pública. A análise desenvolvida ao longo do trabalho demonstrou que o desconto constitui instrumento indispensável para a comparação intertemporal de fluxos econômicos, sendo fundamental para a avaliação da eficiência alocativa dos recursos e para a formulação de políticas públicas. Todavia, evidenciou-se que a aplicação indiscriminada de taxas de desconto convencionais em contextos ambientais pode conduzir à subavaliação de externalidades futuras e, conseqüentemente, à seleção de alternativas inconsistentes com os princípios da sustentabilidade.

Isto posto, a resposta à questão de pesquisa não reside na eliminação do desconto, tampouco em sua aplicação uniforme, mas na forma como esse instrumento deve ser calibrado quando estão em jogo ativos ambientais e impactos intergeracionais. A literatura analisada ao longo da dissertação indica que custos e benefícios ambientais futuros demandam tratamento metodológico específico, em razão das características particulares do capital natural, notadamente sua limitação física, sua baixa substitutabilidade e sua relevância para a manutenção do bem-estar social ao longo do tempo. Essa constatação reforça a necessidade de aperfeiçoamento das análises custo-benefício, mediante a adoção de critérios de desconto que reflitam adequadamente a natureza dos impactos ambientais associados a cada empreendimento.

Assim, conclui-se que a utilização de taxas de desconto diferenciadas, em especial no contexto de metodologias que distinguem entre tipos de capital e horizontes temporais de impacto, constitui abordagem metodologicamente consistente com os princípios da eficiência econômica, da sustentabilidade e da equidade intergeracional. A adoção de estruturas como a taxa dupla de desconto não representa uma ruptura com os fundamentos da análise econômica, mas, ao contrário, um aprimoramento de seus instrumentos analíticos, ao permitir que a avaliação de projetos incorpore de forma mais realista o valor social dos bens e serviços ambientais ao longo do tempo.

Por fim, destaca-se que a definição das taxas aplicáveis aos bens e ativos ambientais deve ser realizada sempre no âmbito específico do projeto em análise, considerando as características intrínsecas dos recursos afetados, o horizonte temporal dos impactos e o grau de incerteza associado à dinâmica ecológica e socioeconômica do empreendimento. Essa orientação contribui para fortalecer a robustez metodológica da análise custo-benefício e para assegurar que o processo decisório público seja capaz de conciliar eficiência econômica, preservação ambiental e responsabilidade intergeracional.

REFERÊNCIAS

ALMANSA, C.; MARTÍNEZ-PAZ, J. M. *What weight should be assigned to future environmental impacts? A probabilistic cost benefit analysis using recent advances on discounting*. Science of the Total Environment, p. 1305-1314, 2011.

ARAÚJO, M.B. *O Uso da Avaliação Econômica e Social no Licenciamento Ambiental de Projetos de Geração de Energia*. Brasília, DF. Dissertação Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente. Universidade de Brasília. 2002.

ARROW, Kenneth J. et al. *How should benefits and costs be discounted in an intergenerational context? Economics Department Working Paper Series, n. 56*. Washington, DC: Resources for the Future, 2013.

BAUM, S.D. *Description, prescription and the choice of discount rates*. Ecological Economics, p. 197-205, 2009.

BOARDMAN, Anthony E.; GREENBERG, David H.; VINING, Aidan R.; WEIMER, David L. *Cost-Benefit Analysis: Concepts and Practice*. 6. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

BRANDER, L.; GÓMEZ-BAGGETHUN, E.; MARTÍN-LOPEZ, B.; VERMA, M. *The Economics of Valuing Ecosystem Services and Biodiversity*. Chapter 5. TEEB DOCUMENT. Março 2010.

BRASIL. Agência Nacional de Transportes Terrestres — ANTT. *Estudo de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental — Ferrovia Açailândia (MA) – Barcarena (PA)*. Audiência Pública nº 137/2013. Brasília: ANTT, 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/noticias/ultimas-noticias/antt-publica-relatorio-final-da-audincia-pblica-da-ferrovia-aailndia-ma-barcarena-pa?>

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). *Termo de referência: elaboração de estudo de viabilidade técnica, econômica e ambiental (EVTEA) da ferrovia entre Londrina e Cornélio Procopio*. Brasília, DF: DNIT, 2021. Disponível em: <https://www1.dnit.gov.br/editais/consulta/editais2.asp> . Acesso em: 10 de abril de 2026.

BRASIL. Ministério dos Transportes. *Escopo Básico 01 - Estudo de viabilidade técnica, econômica e ambiental*. Brasília: Ministério dos Transportes, 2016.
Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/ferrovias/instrucoes-e-procedimentos/procedimentos-para-elaboracao-de-evtea/escopo-basico-01.pdf>
Acesso em: 10 de abril de 2026.

CASTRO, J.D.B.; e NOGUEIRA, J.M. *Valoração Econômica do Meio Ambiente*. Curitiba: CRV, 2019.

CHISHOLM, D. *Economic Analyses*. International Review of Psychiatry, 10. p.323-330. 1998.

CONTADOR, C.R. *Projetos Sociais: avaliação e prática*. 5ª Edição. São Paulo: Atlas, 2012.

DE RUS, Ginés; SOCORRO, María Pilar; VALIDO, José; CAMPOS, Javier. *ACB of transport projects: theoretical framework and practical rules*. Madrid: Universidad de Las Palmas de Gran Canaria; Universidad de Las Palmas, 2022.

GOLLIER, C.; WEITZZMAN, M.L. *How should the distant future be discounted when discount rates are uncertain?* Economics Letters, p. 350-353, 2010.

GÓMEZ-BAGGETHUN, E.; DE GROOT, R.; LOMAS, P.L.; MONTES, C. *The history of ecosystem services in economic theory and practice: From early notions to markets and payment schemes*. Ecological Economics, [S.l.], v. 69, n. 6, p. 1209-1218, abril. 2010.

HALICIOGLU, F.; KARATAS, C. *Estimation of Economic Discounting Rate for Pratical Project Appraisal: The Case of Turkey*. The Journal of Developing Areas, v. 45, Single Issue, Fall 2011, p. 155-166.

HANLEY, N.; SPASH, C.L. *Cost-Benefit Analysis and the Environment*, GB: Edward Elgar Publishing Limited, Hants, 1993.

HARDIN, Garrett. *The tragedy of the commons*. Science, Washington, DC, v. 162, n. 3859, p. 1243-1248, 1968.

JENKINS, Glenn P.; KUO, Chun-Yan; HARBERGER, Arnold C. *Cost-benefit analysis for investment decisions*. Cambridge, MA: Harvard Institute for International Development, 2011.

KULA, E.; EVANS, D. *Dual discounting in cost-benefit analysis for environmental impacts*. Environmental Impact Assessment Review, p. 180-186, 2010.

LIMA, Ângela Maria Ferreira. *Avaliação do Ciclo de Vida no Brasil: inserção e perspectivas*. 2007. 116 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2007.

LOPEZ, Humberto. *The social discount rate: estimates for nine Latin American countries*. Washington, DC: World Bank, 2008. (Policy Research Working Paper, n. 4639).

MUELLER, C.C. *Sustainable development: conceptualizations and measurement*. Brazilian Journal of Political Economy, vol. 28, nº 2 (110), pp. 207- 225, abril-junho. 2008.

MUELLER, C.C. *Os Economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente*. Brasília: Universidade de Brasília; 2012.

NEUMAYER, E. *Weak versus Strong Sustainability: exploring the limits of two opposing paradigms*. UK: Edward Elgar Publishing Limited; 1999.

NOGUEIRA, J.M.; MEDEIROS, M.A.A.; ARRUDA, F.S.T. *Valoração Econômica do Meio Ambiente: Ciência ou Empiricismo*. Caderno de Pesquisas em Desenvolvimento Agrícola e Economia do Meio Ambiente No. 002. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Economia, NEPAMA, Julho. 1998.

O'MAHONY, Paul. *Cost-benefit analysis in a climate of change: setting social discount rates in the case of Ireland*. Dublin: Transport Policy Research Institute, 2021.

PACKEISER, Priscila Becker; RESTA, Darielli Gindri. *Farmacoeconomia: uma ferramenta para a gestão dos gastos com medicamentos em hospitais públicos*. Infarma Ciências Farmacêuticas, v. 26, n. 1, p. 215-223, 2014.

PEARCE, D. *An Intellectual History of Environmental Economics*. Annu. Rev. Energy Environmental. 27:57-81. 2002.

PEARCE, DW.; NASH, CA. *The Social Appraisal of Projects: A text in Cost-Benefit Analysis*. London: MACMILLAN PRESS LTD; 1981.

PERMAN, R.; MA, Y.; MCGILVRAY, J.; COMMON, M. *Natural Resource & Environmental Economics*. Harlow: Pearson Educated Limited; 2003.

PIGOU, Arthur Cecil. *The economics of welfare*. 4. ed. London: Macmillan, 1932.

RAMSEY, F.P. *A Mathematical Theory of Saving*. The Economic Journal, v. 38, n 152, pp. 543-559. 1928.

SAGOFF, Mark. *The economy of the Earth: philosophy, law, and the environment*. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.

SILVA, Everton Nunes da; SILVA, Marcus Tolentino; PEREIRA, Maurício Gomes. *Estudos de avaliação econômica em saúde: definição e aplicabilidade aos sistemas e serviços de saúde*. Epidemiologia e Serviços de Saúde, Brasília, v. 25, n. 1, p. 205-207, jan./mar. 2016.

SOLOW, R.M. *The economics of resources or the resources of economics*. American Economic Review 64 (2), 1–14. 1974.

SOLOW, R.M. *On the intergenerational allocation of natural resources*. Scandinavian Journal of Economics 88, 141–149. 1986.

STERN, N. *The Stern Review: The Economics of Climate Change*. London: Cabinet Office&HM Treasury; 2006.

STERNER, Thomas; CORIA, Jessica. *Policy instruments for environmental and natural resource management*. Washington, DC: Resources for the Future, 2011.

TAJANI, Francesco; MORANO, Pierluigi; LOCURCIO, Michele; DI LIDDO, Francesco. *Assessment of the social discount rate for public investments: theoretical framework and practical implications*. Sustainability, Basel, v. 15, n. 2, 2023.

TISDELL, Clem. *Biodiversity conservation and sustainable development*. *International Journal of Social Economics*, 2005.

TOL, R.S.J. *On dual-rate discounting*. *Economic Modelling*, p. 95-98, 2003.

VALEC Engenharia, Construções e Ferrovias S.A. *Manual de elaboração dos estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental – EVTEA*. Brasília: VALEC, 2018. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/423118245/Manual-EVTEA-Aprovado-em-28-08-18-pdf>. Acesso em: 10 de abril de 2026.

VICECONTI, P.; NEVES, S. *Introdução à Economia*. 4.ed. São Paulo: Editora Frase; 2000.

WRIGHT, C.L. *Avaliação de Projetos: uma abordagem de características como alternativa a benéficos-custos*. 1985.

YANG, Z. *Dual-rate discounting in dynamic economic–environmental modeling*. *Economic Modelling* 20, 941–957. 2003.

ZHUANG, J.; LIANG, Z.; LIN, T.; DE GUZMAN, F. *Theory and Practice in the Choice of Social Discount Rate for Cost-Benefit Analysis: A Survey*. ERD Working Paper n° 94. Maio 2007.

Apêndice A – Técnicas de Valoração Econômica do Meio Ambiente

Todos os métodos de valoração, independente da metodologia de classificação, objetivam identificar as preferências dos indivíduos diante de mudanças na qualidade do meio ambiente. Ou seja, buscam estimar todos os componentes do valor econômico do capital natural, recursos ambientais e serviços ecossistêmicos, a fim de relacionar esse valor às preferências sociais no trade-off conservação/preservação – consumo.

Nogueira e outros (1998) corroboram essa ideia, argumentando que, de uma maneira geral, os métodos de valoração econômica ambiental ponderam os valores que as pessoas imputam aos bens e serviços ambientais de acordo com suas respectivas preferências, utilidades.

Dito isso, é considerado pertinente, apenas com intuito instrutivo, e de maneira resumida, discorrer sobre alguns métodos, de valoração econômica, apresentados no Quadro 4, presente no corpo da dissertação, buscando identificar seus respectivos pontos positivos e negativos.

1. Métodos Baseados na Função Produção e Efeitos Indiretos

São técnicas que utilizam diretamente preços e valores de mercados existentes.

A principal vantagem no uso dos métodos dessa classificação é o emprego de informações, relativamente fáceis de obter, e advindas de mercados reais, refletindo a atual preferência social.

Apesar da facilidade na obtenção de informações e de traduzir as preferências reais dos indivíduos, esses métodos enfrentam importantes limitações se aplicados à valoração de serviços ecossistêmicos devido a não existência de mercados, ou a distorção presente neles.

Estes métodos não medem as preferências diretamente, mas focam nas relações técnicas entre a qualidade ambiental e os resultados econômicos ou biofísicos.

○ Método do Custo de Oportunidade

O método utiliza preços de mercado para mensurar o valor do recurso ambiental através do valor de formas alternativas de uso. Ou seja, consiste em quantificar as perdas de rendimentos econômicos derivadas de restrições ambientais à produção e ao consumo. Sendo extensamente utilizado na identificação da renda sacrificada devido a não possibilidade de execução da atividade econômica.

A principal deficiência deste método está na correta identificação, para uma adequada valoração, do uso alternativo do bem ou serviço ambiental. A escolha precisa refletir as preferências reais da região em análise.

- **Método Custo de Reposição**

Avalia o valor de um serviço ecossistêmico com base no custo necessário para restaurá-lo ou substituí-lo após um dano.

- **Método da Mudança de Produtividade**

Como a própria nomenclatura sugere, o método se vale das variações, mudança na produtividade, na exploração econômica do recurso para mensurar o impacto econômico dessa variação. Isto é, o método baseia-se na contribuição dos bens e serviços ambientais para o aumento e/ou redução da produtividade.

Mueller (2012) relata que este método tem sido largamente usado em situações nas quais se pode vincular, nitidamente, o impacto ambiental a variação na produtividade de uma dada atividade econômica.

Um aspecto limitante que esse método apresenta é a nem sempre exclusiva associação entre o dano ambiental e a variação na produtividade, podendo haver outras variáveis que influenciam na atividade econômica.

- **Método do Capital Humano**

Esse método estima o valor ambiental com base no efeito causado sobre a população. Ou seja, a degradação ambiental impacta, de maneira negativa, o capital humano existente na região, de forma que afeta o bem-estar – saúde e, conseqüentemente, a produtividade dos indivíduos causando uma queda na lucratividade econômica. Visto que cada indivíduo possui uma expectativa de vida com retornos financeiros, salários e/ou lucros.

- **Método do Custo de Restauração**

Aqui o meio ambiente é mensurado com base nos custos financeiros necessários para restaurar o ativo ambiental a sua situação inicial, antes do dano.

Segundo Araújo (2002) a grande limitação desse método é sua incapacidade de refletir o real valor, que a sociedade estaria disposta a pagar por uma melhoria ambiental, e não apenas sua recomposição.

2. Métodos de Preferências Reveladas

Nessa classificação a valoração ambiental é realizada com base nas variações econômicas, identificadas pelos preços de mercado, sofrida por bens complementares ou substitutos.

Conforme Brander e outros (2010), as preferências são reveladas com base na observação das escolhas individuais em mercados existentes que estão relacionados com os bens e serviços ambientais em análise.

Entretanto, essa metodologia é facilmente afetada por imperfeições de mercado e falhas de política que distorcem a estimação do valor monetário da variável ambiental. Além de se apresentar como ferramentas muito dispendiosas e intensivas em tempo.

Há dois métodos principais dentro dessa abordagem:

- **Método de Preços Hedônicos**

Utiliza a demanda, implícita, por atributos ambientais no mercado de bens existente. Isto é, busca identificar a contribuição a um preço de mercado advindo de uma qualidade ambiental presente na região.

O Método parte da suposição de que a composição do preço, de ativos econômicos, é função de um conjunto de características que os circundam, dentre essas a qualidade ambiental. Sendo necessário, a posteriori, estimar, estatisticamente, o percentual de contribuição da variável ambiental nesse preço final.

Assim, o método estima o valor de atributos ambientais através da análise de preços de bens transacionados no mercado, como imóveis. Por exemplo, o impacto negativo da poluição sonora ou do ar pode ser mensurado pela redução no valor de mercado de propriedades localizadas em áreas afetadas, comparadas a áreas similares, porém preservadas.

- **Método dos Custos de Viagem**

Especialmente utilizado na determinação dos valores da biodiversidade e serviços ecossistêmicos relacionados à recreação das pessoas.

O método é baseado nos custos incorridos, custos diretos (valor do ingresso) e custos de oportunidade do tempo (não estar viajando), para chegar aos locais de recreação, aqueles mensurados desde o ponto de origem dos indivíduos.

Ou seja, o valor atribuído ao meio ambiente existente no local pode ser inferido a partir da estimação da função demanda de visitação em locais como parques, lago ou cachoeiras.

3. Métodos de Preferências Declaradas

○ Mercados Hipotéticos

Nesse método mercados hipotéticos são simulados e a demanda por bens e serviços ambientais é estimada com base em pesquisas sobre supostas mudanças na oferta destes.

Podemos citar como um dos pontos francos do método a dificuldade em verificar se as respostas hipotéticas correspondem ao comportamento real dos respondentes se confrontados com situações reais.

○ Método de Valoração Contingente

Emprega questionários, elaborados para cada estudo em específico, para perguntar às pessoas quanto elas estariam dispostas a pagar por uma melhora na qualidade ambiental, ou, sob uma ótica alternativa, quanto elas estariam dispostas a receber (indenização) por uma perda ou dano ambiental.

Embora tecnicamente limitada, a valoração monetária se apresenta como uma ferramenta crível no processo de tomada de decisão em políticas públicas (NOGUEIRA e outros 1998).

De acordo com Castro e Nogueira (2019) nenhum método é inteiramente eficaz na avaliação de um bem ou serviço ambiental, porém é perfeitamente possível, e aconselhável, a utilização dos métodos em conjunto, com a finalidade de superar os pontos fracos e adequar, mais facilmente, o método a realidade do ativo ambiental em análise.

Todos os métodos de valoração descritos acima objetivam a valoração adequada dos bens e serviços ambientais, pela métrica da moeda, para que seja possível a internalização dos respectivos custos e benefícios no processo decisório econômico, fornecendo aos tomadores de decisão, e mesmo à sociedade, informações suficientes sobre ações, políticas e projetos pretendidos.

Objetivando a maximização da utilidade presente, proxy utilizada para medir o bem-estar da sociedade, bem como o equilíbrio intertemporal, considerando, assim, o bem-estar das gerações futuras, surge a necessidade de análise do real valor dos custos e benefícios ambientais futuros, decorridos de ações presentes.