UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE NA AMAZÔNIA

Compensação financeira no cenário de desmatamento líquido zero na Amazônia: Uma análise de benefícios e viabilidade econômica

João Batista Tezza Neto

Orientador: Economista Dr. Alexandre Rivas

Tese de doutorado

Manaus, Julho de 2018.

Tezza Neto, João Batista
Compensação financeira no cenário de desmatamento líquido zero na Amazônia: Uma análise de benefícios e viabilidade econômica./João Batista Tezza Neto
Manaus, 2018
1xx p. : il

Tese de doutorado. Centro de Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia. Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

1. Desenvolvimento econômico na Amazônia. 2. Política de conservação ambiental. 3. Sistema de financiamento de conservação de florestas. 4. Serviços ambientais e ecossistêmicos. 5. Economia ecológica. Universidade do Amazonas. PPGCASA. ll. Título.

É concedida à Universidade do Estado do Amazonas permissão para reproduzir cópias desta tese e emprestar ou vender tais cópias, somente para propósitos acadêmicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta tese de doutorado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

João Batista Tezza Neto

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE NA AMAZÔNIA

Compensação financeira no cenário de desmatamento líquido zero na Amazônia: Uma análise de benefícios e viabilidade econômica

João Batista Tezza Neto

Aos meus pais, Marly Genari (*in memoriam*) e João Tezza, que me ensinaram a aventura de viver e a inclinação pelo pensamento livre.

À Ana Rosa, José Paulo, Ana Laura, Jamilsa, Maria Eugênia, Laura, Helena, Sofia e Ernesto, por reconhecimento à imensa sorte de tê-los por perto.

Agradecimentos

Realizar este trabalho foi, a um só tempo, uma grande alegria e um imenso desafio. Os dilemas do caminho, a busca permanente pela coerência científica, a necessidade de estudo concentrado por longos períodos, a conciliação complicada com demandas do cotidiano, entre outros fatores, exploraram meus limites pessoais muita além do que eu mesmo poderia imaginar. Tomo cada uma destas dificuldades como medalhas de superação, que me fazem mais forte e convicto do potencial de cada ser humano.

O aprendizado pessoal mais valoroso foi entender que o trabalho de pesquisa para elaboração da tese, apesar de representar um imenso esforço pessoal, na qual, a condição de postulante nos responsabiliza integralmente pelos resultados, um doutorado, na minha visão particular, se faz a partir de vivências incluindo muitos personagens ao longo da vida, e claro, do apoio direto de pessoas que estiveram próximas no processo de construção da tese. Seria impossível nominar e agradecer a todos que deixaram marcas em mim e que me ajudaram a conceber a visão de mundo onde essa pesquisa se encaixa. Contudo, é essencial nominar e agradecer aqueles que de uma forma objetiva e afetiva contribuíram para que esta tese fosse concebida.

Agradeço aos professores e professoras do Centro de Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia pela generosa acolhida e oportunidade de realizar esta pesquisa. Agradeço a FAPEAM pelo apoio à este trabalho e a CAPES por me proporcionar a experiência de estudos no Estados Unidos.

Ao meu orientador professor Alexandre Rivas, minha gratidão pela assertividade de sua orientação tornando essa jornada um pouco mais fácil. Agradeço também ao professor James Kahn, por generosamente ter me recebido na W&L University para temporada de estudos. Agradeço aos professores Henrique Pereira dos Santos e Andrea Waichman, por ensinar como ser um professor inspirador, e pela gentil contribuição direta ao desenvolvimento da pesquisa. À professora Therezinha Fraxe, minha gratidão por encorajar a decisão de iniciar essa jornada. À professora Michele Aracaty pela generosidade de me receber no estágio docente, onde tive a oportunidade de especial relação com seus alunos; meus sinceros agradecimentos.

Ao professor José Alberto Machado, que pacientemente, ajudou a avaliar as linhas de pesquisa antes mesmo da pesquisa iniciar, meu agradecimento emocionado. Ao Carlos Gabriel Cury, por sua valiosa ideia de incluir uma análise comparativa sobre bandeiras tarifárias para o preço de energia no Brasil; Heberton Barros, por ajudar a criticar aspectos relacionados ao desmatamento e a área de estudo; Moacyr Bittencourt (amigo de longa data) pelo estímulo e avaliação lógica da linha de pesquisa; Beatriz Rodrigues por seu apoio sempre generoso; Mariano Cenamo pelo debate atualizado em torno do tema da pesquisa; meus amigos de infância José Marcos Leite (Juninho) e Leandro Leite pelas discussões e informações primárias sobre produtividade da agropecuária de elevado rendimento na Amazônia. À Tony

Schmieg, meu gentil vizinho, durante o período de estudos na W&L University, que se tornou um amigo e por sua precisa revisão linguística da apresentação na Universidade do Colorado. À todos, meu mais profundo agradecimento.

Aos pesquisadores Jan Borner, Toby Gardner e Adalberto Veríssimo, muito obrigado por oferecerem suas visões sobre a linha de pesquisa. À professora Colleen Lions agradeço por sua energia vibrante e por seu gentil convite para apresentar resultados preliminares da pesquisa na Universidade do Colorado. Aos membros da banca de qualificação, professores Niro Higuchi, Salomão Franco Neves e José Alberto Machado; sou grato por ajudarem a delimitar e qualificar este trabalho.

A minha amiga D. Tânea Duarte agradeço a atenção de sempre e as ótimas conversas de todas as sexta feira acompanhado de um bom café com tapioca.

Ao meu querido pai João Tezza minha gratidão por sua orientação pessoal sempre precisa e entusiasmada em meio aos nossos excelentes debates de todas as semanas. Agradeço também o convívio de 41 anos com minha mãe Marly Genari, que tentou nos ensinar, com sua prática, o respeito indiscriminado aos indivíduos, e era capaz de enxergar valor muito além das aparências.

Agradeço à Maria Eugênia Rocha Tezza, por sua olhar sempre curioso e a cumplicidade diária; à Laura Burmann Tezza, por seu coração bondoso e delicado; à Helena Burmann Tezza, por nos ensinar que a mistura de talento e dedicação pode ser bombástica (no melhor sentido); à Sofia Figueiredo Tezza, por seu esforço em nos colocar atualizados no século XXI; e ao meu filho Ernesto Rocha Tezza por sua atitude sempre discreta e consistente. À todos tenho imensa gratidão típica de um aprendiz que tem em seu entorno um rico ambiente para o crescimento pessoal.

À minha irmã, Ana Rosa Genari Tezza, que combina como poucos, energia, amorosidade, dedicação, inteligência e alegria. Muito obrigado por nos oferecer as melhores poltronas de seu lindo teatro da vida.

Ao meu amor Jamilsa de Almeida Melo, minha profunda gratidão por todo apoio e harmonia de nosso convívio diário.

Epígrafe

"A sobrevivência da humanidade apresenta um problema totalmente diferente de todas as outras espécies por ser não apenas biológico, nem apenas econômico: É bioeconômico" (NGR, 1971; p. 100).

Nicholas Georgescu-Roegen.

Resumo

Desenvolver esquemas econômicos que considerem a conservação dos serviços ecossistêmicos, ou que contribuam para mitigar o problema das mudanças climáticas está na *ordem do dia* da pesquisa econômica contemporânea. É inegável que, de modo geral, e em especial na Amazônia, da intenção para a prática, o desafio da conservação ambiental pela via econômica tem se apresentado extremamente difícil de ser superado. Tomando os últimos trinta anos, com a intensificação da demanda por sustentabilidade na Amazônia, percebe-se, que pouco se avançou na formação de uma economia de base florestal e conservacionista para a economia regional. Por outro lado, a agropecuária na Amazônia, em termos médios, apresenta baixíssimos índices de produtividade, contribuindo para o quadro geral de pobreza associado ao desmatamento na região norte. Do ponto de vista econômico, perde-se incalculável biodiversidade, e arrisca-se o equilíbrio ecossistêmico mantido pela floresta, em troca de um modelo que vem distribuindo mais pobreza, desigualdade social e violência, do que os benefícios da riqueza e bem estar social. Esta pesquisa tem por objetivo propor um sistema de compensação financeira aos Estados da Amazônia Legal para financiamento do aumento de produtividade da economia agropecuária e florestal, calculados a partir do custo de oportunidade da agropecuária na Amazônia considerando cenário de desmatamento líquido zero (DLZ) no período de 2028 a 2050. Também estimou-se a geração potencial de créditos de carbono no cenário DLZ e o respectivo impacto sobre o preço da energia no Brasil considerando a hipótese de se estabelecer um imposto pelo consumo de energia elétrica, assim como o Valor Presente Líquido (VPL) dos investimentos. Segundo análise econômica, o valor de compensação no cenário DLZ entre 2028 e 2050, considerando apenas o custo de oportunidade da agropecuária atinge o montante global de 38,6 bilhões de reais e, para este caso, o imposto vinculada ao consumo de energia afeta o preço da energia em 0,3% no decorrer do período (média). Os créditos de carbono precificado a 2,5 dólares potencialmente pode gerar 784 bilhões de reais no período entre 2018 e 2050. Esse valor, na hipótese de ser obtido por imposto no consumo de energia, impactaria em cerca de 7% sobre o preço da energia elétrica no Brasil. O valor presente líquido (VPL) do investimento apresenta-se positivo a partir de uma contribuição externa de recursos acima de 23% do montante total. Conclui-se que o cenário DLZ na Amazônia pode ser considerado racional na perspectiva econômico-financeiro, pois para este cenário estima-se um incremento da produtividade da agropecuária a uma taxa de 3,43% ao ano, contra uma taxa de 1,8% ao ano para o cenário de desmatamento como sempre (DcS). É possível projetar, que o DLZ, nos moldes proposto neste trabalho, reduzindo uma média anual de 2,6 GtCO2eq, por ano, tem o potencial de neutralizar 100% das emissões nacionais, elevando o Brasil a um patamar exclusivo entre as nações do mundo.

Abstract

In contemporary economics research, the development of economic schemes on conservation of ecosystem services, or the mitigation of climate change is in high demand. The challenge of environmental conservation through the economy has been undeniably difficult worldwide, especially in the Amazon. In the past thirty years, despite the increased demand for sustainability in the Amazon, little progress has been observed to form a forest-based conservationist economy in the region. On the other hand, agriculture in the Amazon presents very low productivity indexes on average, which directly reflect the extent of poverty in this region. By maintaining the status quo, Brazil loses incalculable biodiversity and faces the risk of severe ecosystem imbalance through the loss of conserved forest in exchange for a model that has been distributing more poverty than wealth. The aim of this study is to propose a system of financial compensation to the states of the Legal Amazon to finance the increase of productivity in the agricultural and forestry economy. Calculations were made considering the opportunity cost of agriculture in the Amazon over the net deforestation scenario (DLZ) for the period 2028 to 2050. Additionally, the study estimated the potential generation of carbon credits in the DLZ scenario and its impact on the energy price in Brazil, considering the hypothesis of establishing a tax for the consumption of electricity, as well as the Net Present Value (NPV) of investments. The compensation value in the DLZ scenario between 2028 and 2050, if only the opportunity cost of agriculture is considered, reaches the global amount of 38.6 billion of Reais. In such in case, the tax linked to energy consumption affects the price of energy in average by 0.3% over the period. Carbon credits priced at $ 2.5 could potentially generate R$ 784 billion in the period 2018-2050. This amount, if obtained through taxation on energy consumption, would impact about 7% on the price of energy in Brazil. The net present value (NPV) of the investment is positive from an external resource contribution above 23% of the total amount. It is concluded that the DLZ scenario in the Amazon can be considered rational from the economic-financial perspective as it is estimated an increase in the productivity of agriculture on an yearly rate of 3.43% per year, against 1.8% per year on the deforestation scenario as usual (DcS). It is possible to project that the DLZ, within the boundaries proposed in this work, a reduction of an annual average of 2.6 GtCO2eq has the potential to neutralize 100% of national emissions, raising Brazil to an exclusive level among the nations of the world.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: SISTEMA DE COMPENSAÇÃO ECONÔMICA E FINANCEIRA COM BASE NO CENÁRIO DE DLZ NA AMAZÔNIA. 28
FIGURA 2: MÉTODOS DE VALORAÇÃO AMBIENTAL. 41
FIGURA 3: CLASSES DE USO DO SOLO NA AMAZÔNIA, SEGUNDO PROJETO TERRACLASS, 2011. 56
FIGURA 4: CONTRIBUIÇÃO DOS ESTADOS PARA FORMAÇÃO DA PRODUTIVIDADE DA AGROPECUÁRIA NA AMAZÔNIA POR HECTARE DESMATADO DE FLORESTA AMAZÔNICA. 62
FIGURA 5: HISTOGRAMA DA ÁREA DE DESMATAMENTO ANUAL NA AMAZÔNIA (1977 - 2017). 64
FIGURA 6: TAXAS DE DESMATAMENTO OBTIDAS A PARTIR DE DIFERENTES PERÍODOS DECRESCENTES. 65
FIGURA 7: PROJEÇÃO DE CENÁRIOS PARA O DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA DE 2028 A 2050. 66
FIGURA 8: RELAÇÃO ENTRE DESMATAMENTO ANUAL E TAXA ANUAL DE INCREMENTO DO DESMATAMENTO ANUAL NO PERÍODO. 67
FIGURA 9: DESMATAMENTO EVITADO COM BASE NA PROJEÇÃO DA CURVA (E) DE DESMATAMENTO NO CENÁRIO DE DESMATAMENTO ZERO A PARTIR DE 2028. 71
FIGURA 10: VARIAÇÃO DO INCREMENTO ANUAL DO DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA LEGAL E A VARIAÇÃO DE CLASSES DE USO DO SOLO. 74
FIGURA 11: PRODUTIVIDADE DA AGROPECUÁRIA VERSUS TAXA DE DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA (2005-2015). 77
FIGURA 12: GRÁFICO DE DISPERSÃO ENTRE VARIAÇÃO DA TAXA DE PRODUTIVIDADE E VARIAÇÃO DA TAXA DE DESMATAMENTO. 78
FIGURA 13: EVOLUÇÃO DO CRESCIMENTO DA PRODUTIVIDADE DA AGROPECUÁRIA POR HECTARE DESMATADO NOS CENÁRIOS DCS E DLZ. 79
FIGURA 14: VISUALIZAÇÃO COMPARATIVA DA CURVA DE DESMATAMENTO ACUMULADO NOS CENÁRIOS DLZ E DCS. 80
FIGURA 15: COMPENSAÇÃO ANUAL A PARTIR DA RENÚNCIA ECONÔMICA DE DESMATAMENTO ZERO NA AMAZÔNIA LEGAL - 2028 A 2050. 82
FIGURA 16: PROJEÇÃO DE POTENCIAL RECEITA COM CRÉDITOS DE CARBONO NO CENÁRIO DE DLZ PARA O PERÍODO DE 2028 A 2050. 85
FIGURA 17: RELAÇÃO ENTRE A VARIAÇÃO ACUMULADA DO PIB E VARIAÇÃO ACUMULADA DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL. 88
FIGURA 18: CRESCIMENTO DO PIB, CRESCIMENTO DO CONSUMO DE ENERGIA E ELÉTRICA E DIFERENÇA ENTRE CRESCIMENTO. 89
FIGURA 19: CONSUMO TOTAL DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL (GWH). 90
FIGURA 20: PROJEÇÃO DO CRESCIMENTO NO CONSUMO DE ENERGIA NO BRASIL, 2015-2055 - (GWH). 91
FIGURA 21: PROJEÇÃO DO VALOR DA COMPENSAÇÃO ECONÔMICA PELA RENÚNCIA DA AGROPECUÁRIA EM RELAÇÃO A TAXA SOBRE O PREÇO DO CONSUMO DE ENERGIA. 92
FIGURA 22: PROJEÇÕES DOS VALORES DE CRÉDITOS DE CARBONO POR ANO AO PREÇO UNITÁRIO DE $ 5/CO2EQ E DO RESPETIVO IMPACTO PERCENTUAL SOBRE O PREÇO DA ENERGIA ELÉTRICA (1US$ = R$3,7). 92
FIGURA 23: PROJEÇÕES DOS VALORES DE CRÉDITOS DE CARBONO POR ANO AO PREÇO UNITÁRIO DE $ 2,5/CO2EQ E DO RESPETIVO IMPACTO PERCENTUAL SOBRE O PREÇO DA ENERGIA ELÉTRICA (1US$ = R$3,7). 93
FIGURA 24: PROJEÇÕES DOS VALORES DE CRÉDITOS DE CARBONO POR ANO AO PREÇO UNITÁRIO DE $ 1,5/CO2EQ E DO RESPETIVO IMPACTO PERCENTUAL SOBRE O PREÇO DA ENERGIA ELÉTRICA (1US$ = R$3,7). 93
FIGURA 25: SÉRIE HISTÓRICA (2012-2017) E PROJEÇÃO DO VALOR MÉDIO DA COBRANÇA MENSAL DE ENERGIA POR UNIDADE DE CONSUMO NO BRASIL (2018-2050). 94
FIGURA 26: PROJEÇÃO DO VALOR ADICIONADO MENSAL AO PREÇO DA ENERGIA, TENDO COMO BASE O VALOR MÉDIO PAGO POR CADA UNIDADE DE CONSUMO NO BRASIL, DE ACORDO COM OS DIFERENTES CENÁRIOS DE ARRECADAÇÃO. 95
FIGURA 27: VARIAÇÃO ADICIONADA SOBRE A CONTA DE ENERGIA CONSIDERANDO DIFERENTES CENÁRIOS DE COMPENSAÇÃO E DIFERENTES VALORES PARA A CONTA DE ENERGIA. 96
FIGURA 28: PROJEÇÃO DA EVOLUÇÃO DO VBP DA AGROPECUÁRIA NAS ÁREAS DE FLORESTA AMAZÔNICA NOS CENÁRIOS DCS E DLZ E O SALDO FINAL DO FLUXO ECONÔMICO (EQUIVALENTE AO FLUXO DE CAIXA) CONSIDERANDO A COMPENSAÇÃO FINANCEIRA COMO UM INVESTIMENTO. 98
FIGURA 29: CURVA DE VARIAÇÃO DO VPL DO SISTEMA DE COMPENSAÇÃO FINANCEIRA NO CENÁRIO DE DLZ, CONSIDERANDO 0 A 100% DE CAPTAÇÃO E RECURSO NO SISTEMA INTERNACIONAL DE CRÉDITOS DE CARBONO. 99
FIGURA 30: VBP DA PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA E FLORESTAL NA AMAZÔNIA LEGAL. 107

FIGURA 31: PARTICIPAÇÃO DAS ATIVIDADES ECONÔMICAS NA GERAÇÃO DE VALOR AGREGADO BRUTO NOS ESTADOS DA AMAZÔNIA LEGAL - 2012. 108
FIGURA 32: MATRIZ DE CONTRIBUIÇÃO PARA ECONOMIA E DESMATAMENTO NOS ESTADOS DA AMAZÔNIA LEGAL 109
FIGURA 33: MATRIZ DE CONTRIBUIÇÃO DA ECONOMIA DA AGROPECUÁRIA E DESMATAMENTO NOS ESTADOS DA AMAZÔNIA LEGAL 111
FIGURA 34: ORÇAMENTO DO MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE COMPARADO COM FUNDO DLZ NA AMAZÔNIA. 113
FIGURA 35: EMISSÕES BRASILEIRAS POR SETOR DA ECONOMIA (CO2EQ). 115
FIGURA 36: ARRECADAÇÃO DA TRIBUTAÇÃO POR CONTRIBUIÇÕES ECONÔMICAS NO BRASIL EM 2016 (R$). 116
FIGURA 37: VARIAÇÃO DA COBERTURA FLORESTAL E DO PIB DA COSTA RICA. 119

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: PARÂMETROS E EQUAÇÕES PARA ESTIMATIVA DA PRODUTIVIDADE DA AGROPECUÁRIA POR HECTARE DESMATADO DE FLORESTA AMAZÔNICA. 31
TABELA 2: PARÂMETROS E EQUAÇÕES PARA ESTIMATIVA DO DESMATAMENTO DE 2018 A 2050 NO CENÁRIO DLZ. 33
TABELA 3: PARÂMETROS E EQUAÇÕES PARA ESTIMATIVA DO DESMATAMENTO DE 2018 A 2050 NO CENÁRIO DCS. 34
TABELA 4: PARÂMETROS E EQUAÇÕES PARA ESTIMATIVA O VALOR DA COMPENSAÇÃO NO CENÁRIO DLZ 35
TABELA 5: PARÂMETROS E EQUAÇÕES PARA ESTIMATIVA O VALOR DO CRÉDITO DE CARBONO NO CENÁRIO DLZ 36
TABELA 6: PARÂMETROS E EQUAÇÕES PARA ESTIMATIVA DA TAXA SOBRE A ENERGIA NOS DIFERENTES CENÁRIOS DE COMPENSAÇÃO. 36
TABELA 7: PARÂMETROS E EQUAÇÕES PARA ESTIMATIVA DA TAXA SOBRE A ENERGIA NOS DIFERENTES CENÁRIOS DE COMPENSAÇÃO. 37
TABELA 8: TAXONOMIA GERAL E EXEMPLOS DO VALOR ECONÔMICO DO RECURSO AMBIENTAL. 40
TABELA 9: CLASSIFICAÇÃO DA PAISAGEM NOS ESTADOS DA AMAZÔNIA LEGAL. 57
TABELA 10: PRODUTIVIDADE MÉDIA POR KM² DESMATADO NA AMAZÔNIA LEGAL POR ESTADO. 59
TABELA 11: PARTICIPAÇÃO DOS ESTADOS NA FORMAÇÃO DO VBP DA AGROPECUÁRIA DA AMAZÔNIA LEGAL - IBGE, 2016. 60
TABELA 12: CONTRIBUIÇÃO DE CADA ESTADO PARA A PRODUTIVIDADE DA AGROPECUÁRIA POR HECTARE DESMATADO DO FLORESTA AMAZÔNICA NA AMAZÔNIA LEGAL (2015) – VALORES ATUALIZADOS PARA 2018 PELO IPCA. 61
TABELA 13: PRODUTIVIDADE MÉDIA DA AGROPECUÁRIA POR HECTARE DESMATADO DO FLORESTA AMAZÔNICA NA AMAZÔNIA LEGAL (R$/HECTARE). 62
TABELA 14: TAXA DE BOVINOS POR HECTARE A PARTIR DE DADOS DO CENSO AGROPECUÁRIO. 72
TABELA 15: TAXA DE CRESCIMENTO DA PRODUTIVIDADE DA AGRICULTURA NO PERÍODO DE 1977 A 2017. 73
TABELA 16: PROJEÇÃO DE PRODUTIVIDADE POR CULTURA (TON/HECTARE) E TAXA DE CRESCIMENTO DA PRODUTIVIDADE POR PERÍODOS. 75
TABELA 17: CÁLCULO DA TAXA DE CRESCIMENTO DA PRODUTIVIDADE DA AGROPECUÁRIA DA AMAZÔNIA LEGAL NO CENÁRIO DE DESMATAMENTO ZERO (DLZ). 79
TABELA 18: PRODUTIVIDADE DA AGROPECUÁRIA E PROJEÇÃO DO DESMATAMENTO NO CENÁRIO DE DESMATAMENTO COMO SEMPRE - DSC. 81
TABELA 19: DIFERENTES ESTIMATIVAS DE ESTOQUES DE BIOMASSA SECA ACIMA DOS SOLOS, DAS ÁRVORES VIVAS COM DAP ≥ 10,0 CM, DE AUTORES DISTINTOS. 83
TABELA 20: PARÂMETROS DE VOLUME E PREÇOS PARA O CRÉDITO DE CARBONO PRATICADOS NO FUNDO AMAZÔNIA E SISA. 85
TABELA 21: COMPARAÇÃO ENTRE TAXAS EM DIFERENTES SÉRIES HISTÓRICAS DE CONSUMO DE ENERGIA NO BRASIL E PROJEÇÃO DE CRESCIMENTO ATÉ 2050 90
TABELA 22: MÉDIA E INTERVALO DE CONFIANÇA (95%) DA TAXA A SER APLICADO NO VALOR DA ENERGIA PARA A COMPENSAÇÃO EM CENÁRIO DLZ CONSIDERANDO O VALOR DA RENÚNCIA E NO VALOR DO CRÉDITO DE CARBONO. 96
TABELA 23: LISTA DE AÇÕES DE COMANDO E CONTROLE RELACIONADAS AO DECLÍNIO DO DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA LEGAL A PARTIR DE 2005. 102

LISTA DE ABREVIATURAS

ABC	Academia Brasileira de Ciências
AL	Amazônia Legal
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BA	Floresta Amazônica
BACEN	Banco Central
BASA	Banco da Amazônia
BAU	Business us usual (negócios como sempre)
BEIS	Departamento de Negócios, Energia e Estratégia Industrial do governo do Reino Unido
BMZ	Ministério Federal Alemão para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CAR	Certificado Ambiental Rural
CIDE	Contribuição para Intervenção no Domínio Econômico
CMP	Custo marginal privado
CMS	Custo marginal social
CO	Custo de oportunidade
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
DAP	Disposição a pagar
DcS	Desmatamento como sempre
DETER	Detecção de Desmatamento em Tempo Real
DLZ	Desmatamento líquido zero
EBD	Economia de Baixo Desempenho
EGC	Modelo de Equilíbrio Geral Computável
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPE	Empresa Brasileira de Pesquisa Energética
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
FONAFIFO	Fundo Nacional de Financiamento Florestal
GEE	Gases de Efeito Estufa
GTDZ	Grupo de Trabalho pelo Desmatamento Zero
GWh	Giga Watt hora
HÁ	Hectare
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICV	Instituto Centro Vida
IMAFLORA	Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola
IMAZON	Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia
INDC	Contribuição Nacionalmente Determinada
INPA	Instituto de Pesquisas da Amazônia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPAM	Instituto de Proteção da Amazônia
IPCA	Índice de Preços ao Consumidor Amplo
IPEA	Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas
LBA	Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MCE	Método de Custos Evitados

MCTIC	Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação
MDR	Método de Dose-Resposta
MMA	Ministério de Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
MVC	Método de Valor Contingente
MWh	Mega Watt hora
OCDE	Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PEVS	Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura
PIB	Produto Interno Bruto
PPCDAM	Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia
PSA	Pagamento por Serviços Ambientais
PTF	Produtividade Total de Fatores
REDD	Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação
REDD+	Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação mais Manejo Florestal
SEEG	Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa
SISA	Sistema Estadual de Incentivos a Serviços Ambientais
SUDAM	Superintendência da Amazônia
SUFRAMA	Superintendência da Zona Franca de Manaus
tC	Toneladas de Carbono
tCO_2eq	Toneladas de Carbono Equivalente
TERRACLASS	Levantamento de Cobertura e Uso da Terra na Amazônia
UE-ETS	European Union Emission Trading Scheme
VBP	Valor Bruto da Produção
VEA	Valoração econômica ambiental
VET	Valor econômico total
VLP	Valor Presente Líquido
VNU	Valor de não uso
VO	Valores de opção
VU	Valores de uso
VUI	Valores de uso indireto
ZFM	Zona Franca de Manaus

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 14
OBJETIVOS 25
DADOS, MEDIDAS E MÉTODO 26
1. CAPÍTULO I: REFERENCIAL TEÓRICO: VALORAÇÃO ECONÔMICA AMBIENTAL, PRODUTIVIDADE DO USO DO SOLO NA AMAZÔNIA E TRIBUTAÇÃO AMBIENTAL. 38
1.1. VALORAÇÃO ECONÔMICA AMBIENTAL 38
1.2. PRODUTIVIDADE DO USO DO SOLO NA AMAZÔNIA. 44
1.3. TRIBUTAÇÃO AMBIENTAL 50
2. CAPÍTULO II: SISTEMA DE COMPENSAÇÃO ECONÔMICA PELO DESMATAMENTO ZERO NA AMAZÔNIA BRASILEIRA. 55
2.1. CLASSIFICAÇÃO DO DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA 55
2.2. PRODUTIVIDADE ECONÔMICA DA AGROPECUÁRIA POR HECTARE DESMATADO NAS ÁREAS DE FLORESTA AMAZÔNICA SOB A ÓTICA DO VALOR BRUTO DA PRODUÇÃO - VBP. 58
2.3. PROJEÇÕES DA COMPENSAÇÃO ECONÔMICA. 63
2.3.1. PROJEÇÕES PARA O DESMATAMENTO 64
2.3.2. PROJEÇÕES DO AUMENTO DA PRODUTIVIDADE DA AGROPECUÁRIA NA AMAZÔNIA LEGAL NO CENÁRIO DE DCS. 71
2.3.3. PROJEÇÕES DO AUMENTO DA PRODUTIVIDADE DA AGROPECUÁRIA NA AMAZÔNIA LEGAL NO CENÁRIO DE DLZ. 76
2.3.4. PROJEÇÕES DA COMPENSAÇÃO COM BASE NO VALOR DA RENÚNCIA (CO) ECONÔMICA DO SETOR AGROPECUÁRIO NA AMAZÔNIA LEGAL NO CENÁRIO DE DLZ. 80
2.3.5. PROJEÇÕES DA COMPENSAÇÃO PELO CRÉDITO DE CARBONO 82
3. CAPÍTULO III: FINANCIAMENTO DA COMPENSAÇÃO AMBIENTAL PELA TAXAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA E ANÁLISE DE VIABILIDADE. 87
3.1. TAXAÇÃO SOBRE ENERGIA. 87
3.2. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA PELO MÉTODO VPL. 97
4. CAPÍTULO IV: ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO 100
4.1. ANÁLISE DE ESTRATÉGIAS E NECESSIDADE DE RECURSOS FINANCEIROS PARA O COMBATE DO DESMATAMENTO 100
4.2. PERFIL ECONÔMICO DOS ESTADOS DA AMAZÔNIA LEGAL E O ESFORÇO DE REORIENTAÇÃO PARA ECONOMIA DA CONSERVAÇÃO DE FLORESTAS. 107
4.3. ARRECADAÇÃO DO SISTEMA DE COMPENSAÇÃO NO CENÁRIO DLZ SOB A ÓTICA DOS ORÇAMENTOS GOVERNAMENTAIS 112
CONCLUSÕES 121
BIBLIOGRAFIA 126
ANEXO 1 – VBP POR ESTADO. 137
ANEXO 2 – DADOS DE USO DO SOLO NA AMAZÔNIA LEGAL 139
ANEXO 3 – DADOS DE PRODUTIVIDADE E DESMATAMENTO ACUMULADO POR ESTADO 141
ANEXO 4 – DESMATAMENTO ANUAL NA AMAZÔNIA LEGAL 145
ANEXO 5 – PROJEÇÕES COMPENSAÇÃO E TOTAL VBP 147
ANEXO 6 – DADOS ECONOMIA PRIMÁRIA NA AMAZÔNIA LEGAL 151
ANEXO 7 – PROJEÇÕES VBP DLZ VERSUS DCS 152
ANEXO 8 – DADOS DE ENERGIA 154

INTRODUÇÃO

É comum que esforços da sociedade pela conservação ambiental na Amazônia sejam subjugados pela interpretação de que conservação de florestas seria "apenas" uma utopia diante do imperativo da necessidade de trabalho, geração de renda, riqueza e (no caso do agronegócio) produção de alimentos. Ainda que a supressão de florestas seja um fenômeno econômico típico da economia clássica convencional, suas raízes alcançam 10 mil anos na história da humanidade, no período que deu início a "era do sedentarismo" ou período neolítico (SÁ, 2001), quando se inicia o domínio sobre as técnicas agrícolas e pecuárias. Metaforicamente, talvez essa tenha sido uma das "sementes" mais importantes do complexo "jardim" social global da sociedade contemporânea. A agricultura, mesmo em seu formato mais rudimentar, nos permitiu, a partir de então, planejar a próxima refeição com um nível de segurança superior ao processo de caça e coleta vigente na pré-história.

Diante deste fato, há que se admitir a profundidade do esforço de reordenamento paradigmático de modo que uma nova abordagem pró-conservacionista da biodiversidade volte a exercer protagonismo enquanto processo produtivo. Certamente não se trata de algo trivial assumir que a estratégia econômica de produção aliada à conservação das florestas aos moldes extrativistas possa suplantar a estratégia de implantação da agricultura e da pecuária. Sob essa questão pairam dois elementos cruciais: o técnico-científico, relacionado à necessidade de inovação tecnológica para operar um sistema de produção, até então tido como superado no processo civilizatório; e o enraizamento cultural ou imaginário popular, desdobrado em domínio da sociedade sobre as técnicas.

O paradigma econômico inspirador desta pesquisa é o da Economia Ecológica (DALY & FARLEY, 2004; DALY & WEINBERG, 1984; GEORGESCU-ROEGEN, 1971), segundo o qual se entende como um elemento fundamental o problema da finitude dos recursos físicos de baixa entropia[1] no planeta Terra. A partir desta compreensão, a proposta de crescimento material indefinido não poderia ser considerada a pedra de toque de todo o sistema econômico. O crescimento

[1] Aqueles recursos que contem energia utilizável. A transição da baixa para alta entropia é inevitável, onde a energia passa da condição de utilizável para inutilizável. Nicholas Geogescu- Rogen faz uma explicação completa sobre o tema no primeiro capítulo A Lei da Entropia e o Problema Econômico (1970), do livro "O Decrescimento" (2008).

indefinido, ou a mania de crescimento, conforme explicou Georgescu-Rogen, teria sua origem em um equívoco científico preso ao paradigma mecanicista incapaz de explicar o que realmente ocorre entre a matéria, energia e produção econômica (CAVALCANTI, 2010; GEORGESCU-ROEGEN, 1971).

Em um ambiente intelectual dominado pelo pensamento econômico clássico, onde a origem do valor econômico encontra-se fundamentalmente no trabalho[2] (Gómez-Baggethun *et al.*, 2010), John Stuart Mill, afirmava, na metade do século XIX, a necessidade de revisar o pensamento econômico no sentido de evitar a obsessão pelo paradigma de crescimento permanente diante de recursos exauríveis. Confrontado por um mundo majoritariamente "vazio"[3], se comparada a densidade demográfica atual no planeta, Mill, tal como um visionário, realizou um exercício de imaginação extraordinário.

De fato, nos dias atuais, o crescimento populacional associado ao consumismo individual exacerbado impõe um nível de pressão dramático sobre os recursos naturais e equilíbrio ecológico no Planeta (COSTANZA *et al.*, 1997, 2017; STIGLITZ *et al.*, 2017; SUKHDEV, 2008). Nesse sentido, o problema da entropia e finitude da matéria-energia seriam inevitáveis para a ciência que pretende racionalizar o uso de recursos naturais disponíveis no planeta em benefício da sociedade. Ao contrário da crença "cega" na tecnologia como solução para o dilema ambiental, considera-se que "o ambiente é o maior acionista da economia", conforme bem definiu Dra. Silvia Earle em recente palestra[4] no Brasil em 2018. A partir desta noção, o equilíbrio ecológico permeia o centro das preocupações da ciência econômica, e jamais poderia figurar como algo colateral relacionado aos meios. Nesta visão, a tecnologia serviria, não mais à intensificação de uso de recursos, mas a sua poupança, e o ecossistema acolhedor da Terra em comparação ao ambiente inóspito além da atmosfera, nos obrigaria ao exercício do princípio da precaução em relação à destruição de matéria-energia.

Há de se reconhecer a improbabilidade da aplicação plena dos conceitos da

[2] Sustentado, por exemplo, pela contribuição científica e filosófica de Adam Smith (1776), David Ricardo (1817), Malthus (1820) e Marx (1867).
[3] Quanto Mill publicou no fim do século XIX, segundo *US Boreou of the sense* o planeta tinha uma população humana aproximada de 1 bilhão de pessoas e com um consumo per capito muitas vezes menor do que os atuais.
[4] https://www.youtube.com/watch?v=ALFnE4HaMgE -acessado em 10/03/2018).

economia ecológica em ambiente sócio político [5] dominado pela economia contemporânea e com práticas, em geral, temerárias à manutenção do ambiente natural. No entanto, acredita-se ser viável analisar movimento característico de aspectos da transição, tal como a busca de pontos de contato entre a economia clássica convencional e a economia ecológica. Pode-se inferir, que a valoração dos serviços ecossistêmicos (COSTANZA *et al.*, 2017; FARBER *et al.*, 2006; FISHER & TURNER, 2008; FISHER, TURNER & MORLING, 2009; THOMPSON, 2017) e o interesse por novos modelos de equilíbrio entre produção e consumo em favor da conservação do ambiente natural, é parte do esforço de aproximação conceitual entre desenvolvimento econômico e ecologia.

A questão da conservação da Amazônia ocupa espaço de evidente destaque no debate internacional sobre conservação da natureza e mitigação das mudanças climáticas ocasionadas pelas atividades humanas. A relevância da Floresta Amazônica, enquanto sistema natural em interação com a sociedade se dá pela magnitude de sua biodiversidade, oferta de produtos, serviços ambientais e equilíbrio ecossistêmico. Um conjunto importante de estudos apresentam resultados preocupantes quando analisam os impactos negativos do desmatamento de florestas tropicais sobre os fluxos atmosféricos (ARRAUT *et al.*, 2012; MAKARIEVA & GORSHKOV, 2006; MARENGO *et al.*, 2004; POVEDA, JARAMILLO E VALLEJO, 2014; SALATI, LOVEJOY & VOSE, 1983; SHEIL & MURDIYARSO, 2009). Em geral, concluem que as repercussões ambientais provocadas pela Amazônia ocorre em escala não apenas local, mas muita além de suas próprias fronteiras físicas. Anastassia Makarieva e Victor Gorshkov (2007) desenvolveram a teoria da bomba biótica de umidade, revelando processos de transpiração e condensação realizada pelas árvores capaz de mudar a pressão e a dinâmica na atmosfera. Como resultado deste fenômeno Amazônico, comuns às florestas tropicais, intensifica-se o suprimento de umidade do oceano para o interior do continente. Recentemente, Spracklen, Arnold, & Taylor, (2012) publicaram, combinando relações empíricas com as tendências atuais do desmatamento na

[5] Herman Daly faz uma análise de conceitos e premissas das diferentes fases da evolução do pensamento econômico em relação ao problema ambiental e social no capítulo - Paradigmas da Economia Política - de seu livro "A Economia do Século XXI". O autor afirma que as respostas para perguntas essenciais da formulação teórica econômica relativa ao crescimento, à distribuição, à satisfação e visão sobre terra e capital, dependem de "como nós queremos olhar" ou "(...) um elemento de fé, um comprometimento pessoal e valores" (DALY, 1984, p. 13).

Amazônia, a estimativa de reduções de 12 e 21% na precipitação da estação úmida e da estação seca, respectivamente, em toda a bacia amazônica até 2050, devido à reciclagem de umidade menos eficiente. Conclusão absolutamente alarmante, se considerarmos como correta a noção de que o equilíbrio ecossistêmico da floresta é de caráter sutil e altamente suscetível a alterações no regime de águas atmosféricas. Ainda que, não se poderia imaginar como sutil uma mudança dessa magnitude física e energética nas precipitações da estação úmida na Amazônia.

Enquanto a biodiversidade oferece a oportunidade do conhecimento científico e da oferta de recursos econômicos diretos, os serviços ecossistêmicos realizam funções em uma dimensão impensável à capacidade humana (NOBRE, 2014), ainda que possamos, com certa facilidade, destruí-los. Pelos cálculos do Prof. Antônio Nobre (2014), a usina de Itaipu, com 14 mil MWh de potência, precisaria de 145 anos para evaporar os 20 trilhões de litros que evaporam em apenas um dia na Amazônia, a partir de sistemas de evaporação organizado pela árvores nativas. “Esta comparação deixa claro que, diante da potência climática da floresta, as maiores estruturas humanas se mostram microscópicas” (A. D. NOBRE, 2014; p. 14), esclarece o pesquisador.

Ainda que seja imprescindível conhecer detalhada e cientificamente o papel da floresta Amazônica no equilíbrio e dinâmica do ecossistema em que está inserida e seu entorno (como faz, por exemplo, o projeto LBA[6]), é quase uma ingenuidade imaginar que uma região destas dimensões não teria papel essencial para o regime de chuvas que ocorre muito além de seus próprios limites. Diante de fortes indícios científicos e guiados pelo bom senso, cumpre enfatizar que, o influente setor do agronegócio no Brasil, juntamente com os consumidores de energia e água potável em todo o território nacional, seriam, por um lado os maiores prejudicados pela ausência, e por outro, os maiores beneficiados pela presença de um sistema (complexo, delicado e insubstituível) promotor do suprimento de chuvas, da manutenção de temperaturas e a inovação pela biodiversidade.

A despeito do dito popular onde se afirma que “pode-se produzir sem terra, mas não sem água”, o esforço de mobilização política do Agronegócio se opõe

[6] O Programa LBA é gerenciado pelo MCTIC e coordenado pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/INPA. Visa estudar e entender as mudanças climáticas e ambientais em curso, para favorecer um processo de desenvolvimento sustentável na Amazônia - http://lba2.inpa.gov.br/ - acessado em 02/02/2018.

justamente ao que poderia ser o elemento mais caro a sua prosperidade. Estima-se que o consumo residencial de água corresponde a 15% da água total consumida, ficando com a agricultura e pecuária cerca de 70% na participação do consumo total (ALAMARO, 2014). Não por outra razão, o próprio valor da terra está diretamente condicionado a suas possibilidades de acesso à água.

As soluções macro e microeconômicas na Amazônia tem a capacidade de influenciar a sociedade de forma ampla, tanto para a qualidade de vida, quanto para os destinos da economia. Na visão de sistemas de negócios mal concebidos ou maus projetados, a economia vai continuar a se basear no crescimento contínuo e indiscriminado da produção material como forma básica de buscar o bem estar. Já se conseguirmos estabelecer um ciclo virtuoso de conservação ambiental e alto rendimento social e econômico, estaremos vivenciando uma economia focada na qualidade dos (i) fluxos de serviços, na (ii) ecoeficiência dos fatores de produção e nos (iii) valores imateriais para o bem estar (HAWKEN, LOVINS & LOVINS, 2007). Nessa visão econômica, os ecossistemas conservados, são em si fontes de bem estar e bem viver e qualquer produção de bens econômicos (engendrados pela ação humana) será em oneração às mesmas fontes (GEORGESCU-ROEGEN, 1971). Desse modo – para economia ecológica – a economia deve ser limitada quando a utilidade marginal do bem produzido é menor que a inutilidade marginal do bem natural ou serviços do capital natural inutilizado, a partir de onde, segundo essa visão, a produtividade econômica marginal é negativa (DALY & FARLEY, 2004; DALY & WEINBERG, 1984).

O desmatamento da floresta Amazônica representa uma enorme perda de oportunidades no contexto, do que o economista Ignacy Sachs denominou de biocivilização[7] (SACHS, 2008). É notável que o juízo sobre o potencial da economia florestal como forma de conseguir a conservação das florestas vêm ganhando força entre a militância ambiental global nas últimas três décadas. Também no mundo dos negócios, a promessa de manejo da floresta com sustentabilidade se mostrou teoricamente muito atrativa, porém revelou uma prática com graves problemas estruturais de difícil transposição. *Atrativa* porque surgiu como uma promissora oportunidade de alavancar novos empreendimentos alinhados a percepção dos

[7] Conceito possivelmente alicerçado nas ideias de *bioeconomia* de Roegen (1974).

consumidores engajados no consumo consciente e na conservação do ambiente natural. *Difícil transposição* por que os negócios fundamentados na biodiversidade, além de estarem regulados por complexa e contraproducente[8] legislação, escapam ao acúmulo de conhecimento e tecnologias de produção, uniformidade e escala da agroindústria contemporânea. Para superar o problema da técnica, muito tempo e investimento serão necessários, ao que se pode chamar de um novo segmento *extratoindustrial* para o manejo e uso sustentável de recursos florestais.

Como estímulo para essa visão, as indústrias nutracêuticas, cosméticas e alimentícias buscam, quase que por questão de sobrevivência, inovações relacionadas à sustentabilidade e conservação de ambientes naturais. Se a economia do manejo florestal sustentável receber os mesmos níveis de apoio que recebe a agenda da economia do desmatamento, muito provavelmente, os resultados seriam promissoramente surpreendentes. Seus benefícios estariam expressos, tanto na geração de riqueza direta para a economia quanto na manutenção dos serviços ambientais e ecossistêmicos em benefício da sociedade em geral. Contrariamente a essa perspectiva, na economia primária da Amazônia, tem prevalecido processos produtivos que dependem da supressão da floresta nativa, seja para mineração, pela produção de energia, exploração madeireira, e principalmente para a agropecuária.

Os relatórios publicados pelo IMAZON e INPE demonstram inequívoca retomada do crescimento da taxa anual[9] de desmatamento na Amazônia. Apesar de ter havido uma expansão significativa de áreas especiais de conservação e uso sustentável na Amazônia (MMA), pouco progrediu a economia florestal extrativista sustentável (IBGE, 2016). A dificuldade de realização dessa economia ocorre por um conjunto de problemas de ordem estrutural, tecnológico, organizacional e de financiamento (ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIA, 2008). A reversão para um modelo de economia florestal com protagonismo econômico na Amazônia depende de um nível de esforço institucional e orçamentário sem precedentes, projetado para o médio e longo prazo.

[8] É abundante os exemplos de empreendimentos que se frustraram em razão do excesso de burocracia e riscos relacionados ao acesso da biodiversidade. Esse fator, para muitos analistas e empresários, seria a principal razão da falta de iniciativas do seguimento florestal madeireiro e não madeireiro na Amazônia.

[9] O aumento de janeiro de 2015 foi de 169% em relação a janeiro de 2014 quando o desmatamento somou 107 quilômetros quadrados. Ver em http://imazon.org.br/publicacoes/boletim-do-desmatamento-da-amazonia-legal-janeiro-de-2015-sad/ - acessado em 19/06/2015.

Paradoxalmente, os sistemas produtivos com custos marginais sociais e ambientais na Amazônia mais elevados, a exceção do modelo da Zona Franca de Manaus, são os maiores beneficiários de subsídios e incentivos especiais de financiamento. No dia a dia da economia na Amazônia, o desmatamento, provocado pela agropecuária está associado à economia de extração legal e ilegal de madeira, implantação de pecuária e agricultura (REIS E MARGULIS, 1991; RIVERO *et al.*, 2009), e intensamente fomentada pelo sistema de financiamento rural subsidiado na Amazônia. Esse conjunto (pecuária, madeira e financiamento bancário) opera de modo a auto sustentar um movimento de expansão contínua do desmatamento.

O modelo de financiamento vigente, iniciado com subsídios diretos à atividade de desmatamento, nos idos da década de 1970 (HOMMA, 2003; MARGULIS, 2003; VALERIANO *et al.*, 2010), transformou-se em um sistema abundante de recursos subsidiados para a produção agropecuária da atualidade. Em 2016, enquanto o financiamento com recursos públicos operado pelo Banco da Amazônia (BASA) para setor florestal atingiu a inexpressiva marca de 32 milhões de reais, representando menos de 2,7% do crédito destinado ao setor agropecuário, que superou, no mesmo ano, 1,2 bilhões de reais (BANCO DA AMAZÔNIA, 2017). Sem ignorar os casos onde se realiza a agropecuária com qualidade e bons níveis de produtividade, percebe-se no panorama geral da região, a perenização de um modelo que entrega baixa produtividade primária (BARBOSA ALVIM *et al.*, 2015), implementada a custos sociais e ambientais muito acima dos toleráveis, e marcados pela violência no campo, atividades ilegais e especulação imobiliária (ALENCAR *et al.*, 2004; CELENTANO & VERÍSSIMO, 2007; FEARNSIDE, 2010; RIVERo *et al.*, 2009).

Aproximadamente 20% do floresta Amazônica (INPE, 2016) já foram desflorestados para dar lugar às atividades principalmente de agropecuária [10] (TERRACLASS, 2011, 2014). Do ponto de vista das emissões de gases de efeito estufa (GEE), o desmatamento é protagonista no conjunto das emissões brasileiras. No perfil das emissões Brasileiras, mudança no uso do solo, representou em 2014, 42% das emissões totais de GEE do Brasil, contra 26% do setor de energia, 23% do setor agropecuário, 5% dos processos industriais e 4% de resíduos (SISTEMA DE

[10] O estudo denominado TERRACLASS liderado pelo INPE apresentado em 2011 e atualizado em 2014 traz uma análise da dinâmica de uso da terra na Amazônia. Para saber mais acesse www.inpe.gov.br .

ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE GASES DO EFEITO ESTUFA, 2016). A partir de 2005, as reduções do desmatamento, foram as maiores responsáveis para o Brasil superar as metas de reduções de emissões assumidas contexto de acordos internacionais em torno do clima.

Desenvolver modelos econômicos que consideram a conservação dos serviços ecossistêmicos, ou que contribuam para mitigar o problema das mudanças climáticas está na ordem do dia da pesquisa econômica contemporânea (ALENCAR et al., 2004; J. BÖRNER, WUNDER, WERTZ-KANOUNNIKOFF, HYMAN, & NASCIMENTO, 2014; JAN BÖRNER et al., 2010; JAN BÖRNER, MARINHO, & WUNDER, 2015; DUCHELLE et al., 2014; GREENPEACE, IMAFLORA, IMAZON, ICV, IPAM, TNC, 2017; NEPSTAD et al., 2009; SOARES-FILHO et al., 2006; WUNDER, BÖRNER, TITO, & PEREIRA, 2008). No entanto, é inegável que, de modo geral e em especial na Amazônia, da intenção para a prática, o desafio da conservação pela via econômica talvez tenha se apresentado maior do que se esperava. Tomando os últimos trinta anos, com a intensificação da agenda de sustentabilidade na Amazônia, percebe-se, que tais idéias pouco se refletiram na formação de economia de base florestal e conservacionista expressiva para a economia regional (no capítulo IV voltasse a esse tema em maiores detalhes).

Do ponto de vista da economia de produção primária, o pensamento crítico da atualidade, não tem superado o juízo (bem apresentados por HOMMA, 1993) de que o extrativismo vegetal é uma etapa rudimentar e provisória do desenvolvimento de novas cadeias produtivas da agricultura ou pecuária. Homma (1993) esclarece que os produtos são descobertos na natureza e lançados ao mercado; Aqueles mais aceitos pelos consumidores migram para domesticação. Na fase de domínio da domesticação, os custos de produção caem sensivelmente acompanhados pelo aumento na oferta. Essa combinação, de fato, tem sido implacável para a sobrevivência do produto de origem extrativista no mercado. Sob a vigência dessa lógica, os produtos com origem extrativista terminam por não conseguir acompanhar a redução de custos dada pela escala e controle sobre os processos produtivos promovidos pela domesticação. Sem atingir o rendimento necessário para competir em patamares de custos menores aos conseguidos pela produção domesticada, a cadeia produtiva extrativista vai perdendo relevância econômica no tempo. Esse

fenômeno reúne as condições para ocorrer sempre que a oferta da produção domesticada for relevante a ponto de impactar a oferta total do segmento. Paradoxalmente, portanto, os benefícios de uma descoberta proveniente da biodiversidade conservada, trazem consigo os elementos que provocam sua própria destruição. Essa é a história não apenas da borracha, mas de qualquer cultura que seja produzida no âmbito das economias de mercado. O exemplo mais recente pode ser observado pela economia do Açai. Apesar de a maior parte de sua produção ainda provir de áreas naturais, já pode ser observado evolução de seu processo de domesticação[11] e produção monocultural.

Diante deste quadro, onde a racionalidade econômica da produção primária está baseada na relação preço/quantidade, a viabilização do produto florestal passa inevitavelmente pela diferenciação de origem e aspectos intrínsecos de sua qualidade. A origem florestal manejada, potencialmente, agrega valor superior, argumentado na origem em ambientes pouco perturbados e principalmente livres dos defensivos agrícolas (venenos). Possibilitam também o valioso argumento por uma economia que conserva ecossistema altamente relevante para equilíbrio ambiental e climático no planeta.

É bem verdade que a conservação dos ecossistemas e seus respectivos serviços associados a uma economia florestal projetada para um cenário de médio e longo prazo não representam perdas para a economia. Pelo contrário, representariam a manutenção de serviços de suporte aos sistemas econômicos já estabelecidos, sem o qual sua produtividade e rentabilidade estariam diretamente ameaçadas. No entanto, imerso na racionalidade econômica convencional e vigente, o agente econômico tomador de decisão no campo, diante das opções entre economia florestal e agropecuária, não tem hesitado na escolha pela supressão florestal. Se este agente, por um lado não é o único beneficiário do sistema em que ele poderia ajudar a conservar, por outro, absorve integralmente o sacrifício econômico local da conservação, devendo, portanto, contar com suporte no conjunto de apoio à adequação da nova realidade imposta pelo desmatamento zero.

Nesse sentido, é necessária a reflexão sobre a institucionalização de novos

[11] A exemplo do projeto em operação da empresa Açai Amazonas - http://www.acaiamazonas.com.br/ (acessado em 28/09/2017).

modelos para operacionalizar a valoração dos serviços ecossistêmicos (DALY & WEINBERG, 1984) e promover atividades produtivas em sinergia com a conservação do ambiente. Ao aceitarmos a noção de que a floresta tropical tem valor pelos benefícios ecossistêmicos gerados, deveríamos em nome da coerência, transitar para uma nova prática econômica: aquela em direção à ecologia que se baseia na conservação da biodiversidade, no baixo impacto ecológico e priorizando a manutenção de ecossistemas naturais (NOBRE, 2011; SUKHDEV, 2008).

Ainda que tais ideias tenham certa facilidade em serem aceitas, do ponto vista filosófico, questões de ordem prática irão surgir com enorme força reacionária, e sempre nos levarão a perguntas do tipo, qual o custo de eventual transição para economia de alta eficiência ambiental na Amazônia? E posteriormente, "de onde poderiam vir os recursos financeiros para investimentos necessários a essa (relativamente longa) "travessia" para uma nova plataforma de prosperidade econômica?" Além disso, existe de fato um custo de oportunidade dos agentes econômicos que atuam no uso da terra na Amazônia, e nesse sentido, é necessária a pergunta: Qual a melhor maneira de compensar ou cobrir seu custo de oportunidade? Contribuir com tais questões serve de motivação a essa pesquisa. Apesar de que, por vezes, a abordagem ecológica possa parecer utópica, ainda que de forma empírica, é possível afirmar que nas últimas décadas, a percepção sobre paradigma econômico-ecológico na sociedade vem se intensificando constantemente.

Os investimentos de base indutores do processo de transição para uma economia com perfil ecológico, invariavelmente deve considerar a capacidade dos ecossistêmicos de gerar valor para a sociedade, a riqueza da biodiversidade como fonte de inovação de processos econômicos primários e industriais, e o suprimento de serviços ambientais diretos ofertados pelos sistemas naturais conservados. Philip Fearnside (1997) realizou estudo de valoração da conservação da Amazônia, considerando três principais formas de ativo econômico: o estoque de biodiversidade, a água e o carbono fixado na Amazônica. Seu cálculo estimou o valor do conjunto agregado em 736 bilhões de dólares ou 37 bilhões de dólares ao ano (valores de 1997). No mesmo ano, quando o PIB somado de todos os países atingiu 8 trilhões de dólares, Costanza et al. (1997) estimou o valor dos serviços ecossistêmicos no Planeta em 33 trilhões de dólares por ano.. Duas questões são inevitáveis neste

contexto: as reais possibilidades de se estabelecer valor monetário para cada um desses conjuntos de benefícios, considerando a complexidade, magnitude e a difusão de sua oferta; e, superado o desafio de mensuração, o valor, ao ser considerado "impagável" pela própria capacidade da economia convencional, acaba por exercer uma espécie de "efeito paralisante" sobre o imaginário político em torno do tema. Entre, o que poderia ser considerado o valor real e o que poderia ser efetivamente pago para transição à economia da conservação, estão os valores estabelecidos pelo custo de oportunidade (CO) do sistema de produção vigente e que se pretende alterar ou substituir.

Nesse sentido, se o sistema de compensação cobrir o que seria a renúncia (ou custo de oportunidade – CO) econômica resultante da impossibilidade de expansão geográfica da agropecuária, os argumentos básicos relacionados à economia em favor do desmatamento perdem significado. Outro elemento contemporâneo decorrente de uma economia relacionada à conservação de florestas são oportunidades financeiras no contexto dos créditos de carbono. O mecanismo internacional de transações de créditos de carbono, ao terem como efeito a redução de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) e serem gerados a partir da implantação de uma infinidade de modelos de projetos de mitigação ambiental, torna-se uma espécie de moeda de valoração ambiental. E o potencial de mitigação de emissões de GEE a partir da redução do desmatamento é da mais alta relevância no contexto internacional. O Brasil como detentor das maiores áreas de florestas tropicais do planeta, teria a oportunidade de assumir postura mais contundente, obtendo benefícios estratégicos para agropecuária, conservação de biodiversidade e financeiros diretos. O potencial dos créditos de carbono está entre os elementos analisados no presente estudo.

O custo de oportunidade na economia ecológica se dá na análise das perdas e ganhos de bem estar à partir da decisão de produção (destruição de matéria-energia e poluição). No entanto, para este estudo, será considerada a noção de custo de oportunidade da economia ambiental, a partir da qual se calcula a renúncia econômica da agropecuária no cenário de desmatamento líquido zero (DLZ) pelo período estudado.

OBJETIVOS

GERAL

Analisar resultados para economia primária na Amazônia Legal a partir de um modelo de desenvolvimento fundamentado no cenário de *desmatamento líquido zero*[12] (DLZ) para o período de 2028 a 2050.

O cenário proposto reduz o desmatamento de 2018 a 2028, a partir de onde passará a ser considerado como *desmatamento líquido zero.*

ESPECÍFICOS

(1) Estimar a contribuição econômica da agropecuária por hectare desmatado nas áreas de floresta Amazônica.

(2) Projetar pelo período de 2018 a 2050, o valor de compensação financeira a partir da cobertura do custo de oportunidade da agropecuária, no cenário DLZ (2028-2050).

(3) Projetar o potencial de arrecadação financeira no período de 2018 a 2050, a partir de simulações de preços para os créditos de carbono gerados pela *Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa* (GEE) *ocasionada por Desmatamento e Degradação* – REDD, no cenário DLZ (2028-2050).

(4) Identificar taxas aplicadas ao consumo de energia elétrica no Brasil para prover financiamento das estimativas de compensação considerando os cenários de (i) cobertura dos custos de oportunidade da agropecuária na Amazônia e (ii) os valores econômicos das emissões evitadas de *Gases de Efeito Estufa* – GEE, considerando diferentes opções de preços para os créditos de carbono.

(5) Estimar Valor Presente Líquido (VPL) do modelo a partir dos volumes monetários de compensação e investimentos e dos resultados econômicos do setor primário na Amazônia Legal.

[12] A definição de desmatamento líquido zero (DLZ) está esclarecido na sessão seguinte na página 31.

DADOS, MEDIDAS E MÉTODO.

Os resultados deste estudo estão baseados fundamentalmente na pesquisa de dados secundários, obtidos no sistema de informações econômicas e ambientais de fontes oficiais do Brasil e apoiados pela literatura científica pertinente. As fontes de dados principais são Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (dados econômicos) e Instituto de Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (dados de desmatamento). Outras bibliografias que serviram para determinação dos parâmetros desta pesquisa estão apresentadas nas tabelas 1 a 7, nesta sessão.

A área de estudo é a Amazônia Legal, no entanto, todos os cálculos econômicos foram relativizados pela área de Floresta Amazônica em cada Estado. Essa escolha se deu em razão de que o Estudo projeta valores a partir do cenário de desmatamento zero de florestas tropicais na Amazônia e a proporção deste território em cada Estado participa dos resultados. Em razão da disponibilidade de dados públicos oficiais, o período escolhido para análises históricas de desmatamento foi de 40 anos, ainda que para ponderar as projeções se utilize séries menores (2007/2017), pois guardam maior proximidade com o contexto atual da dinâmica do desmatamento.

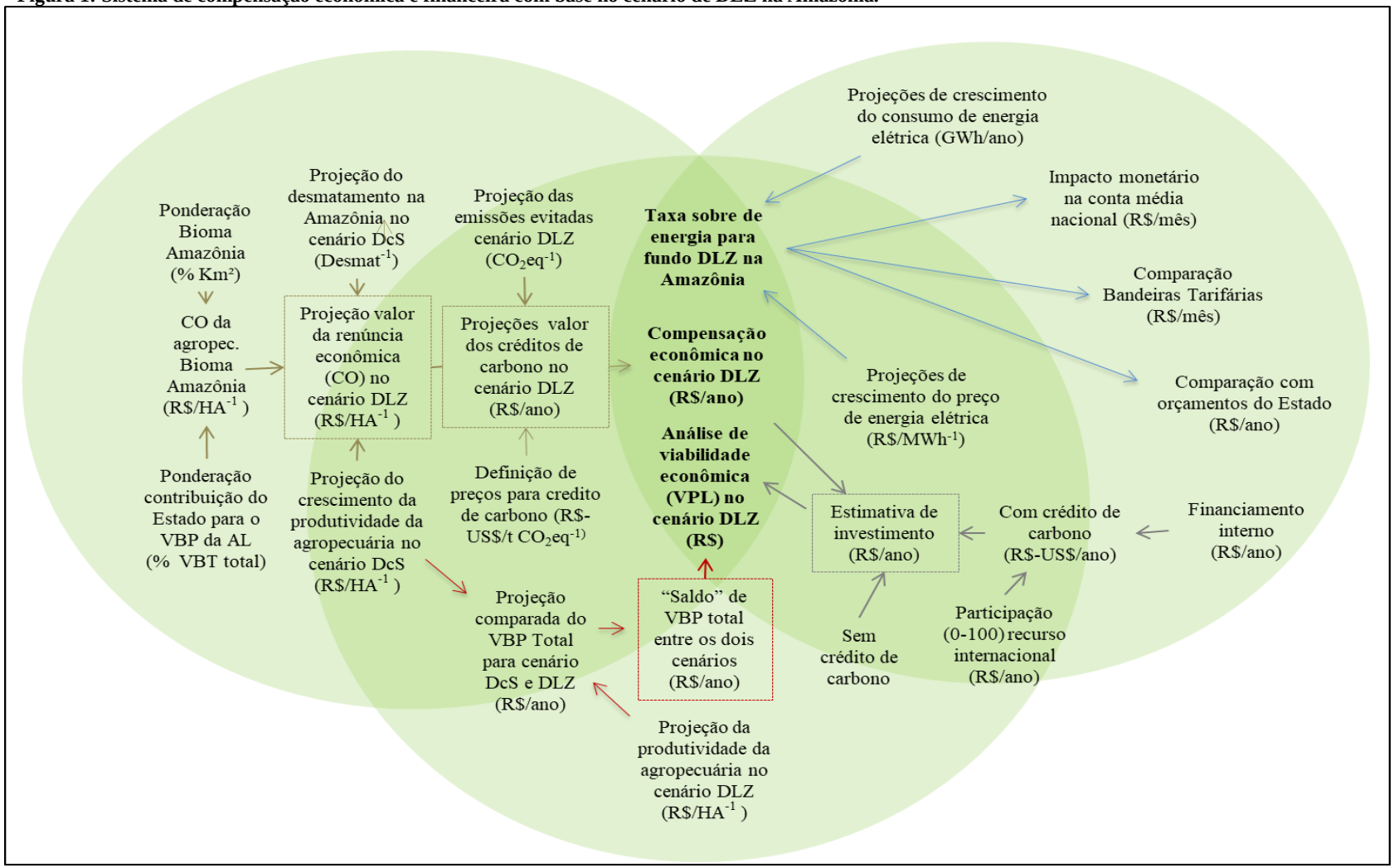
A análise para efeito de projeções de produtividade da agropecuária utilizou a série histórica da produtividade, no Brasil e nos Estados da Amazônia Legal objeto deste estudo, de 1977 a 2017. O custo de oportunidade da agropecuária ($R\$/HA^{-1}$), também denominado nesta pesquisa de *valor da renúncia do setor*, é um dos dados essenciais para calcular a (i) compensação financeira no cenário DLZ (R$/ano), (ii) as estimativas de taxação sobre a energia para financiar o sistema e (iii) a análise de viabilidade econômica do cenário DLZ.

No entanto, a eficiência econômica, enquanto base para cálculo do custo de oportunidade, neste estudo não está se referindo à lucratividade, margens oferecidas pela atividade ou rentabilidade do capital investido por parte dos proprietários rurais. A noção que interessa a esta pesquisa é aquela colocada em perspectiva de comparação entre o Valor Bruto da Produção (VBP) de todo o segmento econômico da agropecuária. Assim, como o parâmetro para desmatamento foi a área total desmatada e não as opções de cada propriedade de aumentar ou não o desmatamento, o parâmetro econômico busca compreender o valor econômico

global, como opção de desenvolvimento para o país e para a região. Nesta visão, salários pagos e compra de insumos são processos que alimentam o VBP do segmento e, portanto geram riquezas para o conjunto da economia. Espera-se, portanto, obter uma noção de renúncia econômica (CO) para a região e não especificamente dos produtores individualmente.

Para calcular o custo de oportunidade da agropecuária por hectare desmatado nas áreas de floresta Amazônica, o VBP da agropecuária na Amazônia recebeu a ponderação relativa ao percentual de Floresta Amazônica em cada Estado da Amazônia Legal. Por uma questão de opção metodológica (para evitar a utilização de médias), o resultado está também ponderado pela contribuição do Estado na formação do VBP da Amazônia Legal. A partir das duas ponderações, a produtividade da agropecuária por hectare desmatado nas áreas de floresta Amazônica resultou da soma da contribuição de cada Estado. A outra informação é a estimativa da geração de créditos de carbono a partir da redução de emissões de GEE por desmatamento e degradação (REDD). Conforme pode ser visto na figura 1, são esses os elementos centrais do mapa mental da pesquisa.

Figura 1: Sistema de compensação econômica e financeira com base no cenário de DLZ na Amazônia.



Fonte: Pesquisa

Segundo a metodologia definida neste estudo, a compensação financeira no cenário DLZ (R$/ano) é uma varável dependente das (i) projeções do valor da renúncia da agropecuária (CO), das (ii) projeções do valor dos créditos de carbono, que por sua vez, (iii) projetam-se a partir do desmatamento anual (Km^2/ano), (iv) do crescimento da produtividade da agropecuária ($R\$/HA^{-1}$) no cenário Desmatamento como Sempre (DcS), (v) das emissões de GEE evitadas no cenário DLZ e (vi) da determinação de preços para a o crédito de carbono (R$-US$/tCO_2eq.).

A partir da compensação de econômica do cenário DLZ, iniciou-se uma série de ensaios sobre o impacto no valor da energia consumida no Brasil para análise de possíveis fontes de financiamento. Para isso foi necessário projetar o (i) crescimento do consumo de energia no Brasil (GWh/ano) e os (ii) aumentos reais de preços pagos pelo consumidor (R$/MWh). Desse modo foi possível realizar os ensaios de impactos monetários (sobre o valor da conta), assim como comparar com os efeitos sobre o preço da energia em relação ao mecanismo brasileiro de bandeiras tarifárias.

A análise de viabilidade econômica está calculada a partir da identificação do Valor Presente Líquido (VPL) do sistema de investimento e compensações. Para identificar o VPL do sistema foram projetados o (i) desmatamento no cenário DLZ (considerando um cenário hipotético de redução a partir de 2018 até atingir zero em 2028) e o (ii) crescimento da produtividade da agropecuária nas condições estabelecidas pelo cenário DLZ. Com base em tais projeções foi possível estimar o VBP total para os cenários DcS e DLZ, impactados por suas específicas taxas de crescimento da produtividade da agropecuário e taxas de desmatamento. A diferença de tais projeções compuseram o que este trabalho assume como o "fluxo de caixa" ou saldo econômico do sistema de compensação e investimento. Para compor os dados de cálculo do VPL foi definido como fluxo de investimentos, o próprio valor da compensação anual ao longo do período. Portanto, o cálculo de VPL utilizou o cenário de investimento correspondente a compensação que inclui, (i) o custo de oportunidade da agropecuária e o (ii) montante financeiro dos créditos de carbono ao longo do período, a um preço de U$ 2,5/tCO_2eq.

A partir desse cenário de compensação e valores de investimento, foi calculado o VPL considerando diferentes proporções de financiamento nacional

(mecanismo interno) e financiamento internacional (negociações entre as nações para mitigação das emissões de GEE). Para essa apuração, os recursos provenientes de repasses internacionais serão abatidos do valor total de investimento, o que irá impactar diretamente os resultados de VPL do sistema. Esse ensaio buscou identificar qual a participação de apoio internacional, a partir do qual o VPL torna-se positivo.

Segue abaixo o detalhamento de cada equação para obtenção dos valores fundamentais do sistema proposto nesta pesquisa.

Produtividade econômica da agropecuária por hectare desmatado nas áreas de floresta Amazônica.

A taxa de produtividade da agropecuária (VBP) na Amazônia Legal por hectare desmatado do floresta Amazônica segue o seguinte roteiro de cálculo: (1) Identificação do VBP da agropecuária por Estado da Amazônia Legal (série histórica de 2003 a 2015); (2) Identificação da participação[13] de floresta Amazônica em cada Estado da Amazônia Legal; e (3) Identificação da participação do VBP de cada Estado na formação do VBP da Amazônia Legal. Todos os valores serão atualizados para 2018 pelo ÍNDICE DE PREÇOS AO CONSUMIDOR AMPLIADO (IPCA). As proporções de participação do VBP e do Floresta Amazônica servem, portanto, de coeficiente de ponderação da contribuição de cada Estado. O somatório da contribuição de cada Estado resulta na produtividade da agropecuária por hectare desmatado de floresta Amazônica. Na tabela 1, estão apresentados parâmetros e equações para estimativa da produtividade da agropecuária por hectare desmatado de floresta Amazônica.

[13] A participação de floresta Amazônica como forma de ponderar o VBP do Estado não consegue discriminar a intensidade de produção em cada um dos biomas do Estado. Nesse sentido, é necessário reconhecer a possibilidade de aprimoramento do índice de ponderação, caso se tenha a informação de intensidade de produção por bioma, especialmente no Mato Grosso, Maranhão e Tocantins.

Tabela 1: Parâmetros e equações para estimativa da produtividade da agropecuária por hectare desmatado de floresta Amazônica.

Parâmetro	Fonte	Observação
(1) R$/Hectare desmatado do Floresta Amazônica (2015).	INPE; TERRACLASS; IBGE.	Os dados de desmatamento são da série histórica do INPA (1977-2017); Ponderado pela área de Floresta Amazônica em cada Estado da Amazônia Legal (TERRACLASS, 2011); IBGE para os dados de VBP (série 2003-2015) da agropecuária ponderado pela participação de cada Estado na formação do VBP da Amazônia Legal; valores atualizados para 2018 pelo IPCA.

Equações para produtividade:

$$P_{agropec_bio_{2015}} = \sum_{i=1}^{9} CP_{agropec_E_{2015}} \quad \text{(eq. 1)}$$

Onde,

$P_{agropec_bio_{2015}}$ é produtividade econômica por hectare desmatado de floresta Amazônica;

$CP_{agropec_E_{2015}}$ é contribuição de cada Estado para compor a produtividade econômica por hectare desmatado na Amazônia no ano *n*, representada pela equação:

$$CP_{agropec_E_{2015}} = P_{agropec_E_{2015}} \times k_{bio_E_{0-9}} \times k_{VBP_E_{0-9}} \quad \text{(eq. 2)}$$

Onde,

$P_{agropec_E_{2015}}$ é a produtividade econômica por hectare desmatado no Estado no ano *n*;

$k_{bio_E_{0-9}}$ é o coeficiente de ponderação pela porção de Floresta Amazônica específica de cada um dos nove (9) Estados;

$k_{VBP_E_{0-9}}$ é o coeficiente de ponderação pela participação no VBP da Amazônia Legal específica de cada um dos nove (9) Estados.

Fonte: Pesquisa

Projeção do desmatamento anual no cenário de desmatamento líquido zero (DLZ) para o período de 2018 a 2050 (KM²).

Em primeiro lugar, é necessário estabelecer uma definição sobre qual o conceito de desmatamento líquido zero (DLZ) assumido neste trabalho. Tal definição, tem se tornado cada vez mais relevante diante dos frequentes acordos e compromissos internacionais no âmbito das negociações para mitigação climática e conservação de florestas. Conforme descreveu pesquisador Valeriano et al. (2012) o DLZ pode ser considerado como o "estado de desmatamento zero" (D. M. VALERIANO et al., 2012, p. 9). Nesse entendimento, o cenário DLZ não seria estático, mas aquele que considera a recuperação de área degradada, desmatamento em áreas primárias e regeneração natural, levando um resultado dinâmico próximo a zero em termos de perdas de florestas. No entanto, especialmente para mensuração emissões de carbono, perda de biodiversidade e de serviços hidrológicos, o compromisso de desmatamento líquido zero, com tais delimitações conceituais, pode assumir um caráter ambíguo (BROWN & ZARIN, 2013). A percepção ocorre, em

razão de que o desmatamento de florestas tropicais primárias, significam emissões de aproximadamente 150 tC/ha (HIGUCHI et al, 1994; SAATCHI, HOUGHTON, DOS SANTOS ALVALÁ, SOARES, & YU, 2007), valores expressivamente maiores do que 5 tC/Ha-¹ sequestrados pelo reflorestamento (SMITH P.; M. BUSTAMANTE; H. AHAMMAD; H. CLARK; H. DONG; E. A. ELSIDDIG; H. HABERL; R. HARPER; J. HOUSE; M. JAFARI; O. MASERA; C. MBOW; N. H. RAVINDRANATH; C. W. RICE; C. ROBLEDO ABAD; A. ROMANOVSKAYA; F. SPERLING; AND F. TUBIELLO, 2014).

Neste sentido, sem as devidas ressalvas, de fato, o estado de DLZ pode significar perdas de florestas primárias, compensadas por plantações de monoculturas florestais, resultando em balanço de emissões de GEE e equilíbrio ecossistêmico gravemente desfavorável. Sendo assim, este trabalho segue a seguinte definição: Desmatamento líquido zero (DLZ) ocorre quando em um dado período analisado, perdas de florestas são equivalentes à regeneração florestal e recomposição com espécies nativas. Complementarmente a esse entendimento, o fluxo entre perdas e ganhos de florestas, no período precisa ocorrer em volume que possa ser considerado residual ou de menor relevância (5% do desmatamento total de 2017). Neste conceito, estão desconsideradas para a contabilidade do desmatamento líquido as áreas de florestas plantadas de ciclos temporários e monoculturais, distinguindo-se, portanto, daquele definido como desmatamento líquido pela FAO (FAO & JRC, 2012). Para os cálculos desta pesquisa, o valor numérico do DLZ no ano será igual zero.

A escolha de 2028 como início do período do cenário de desmatamento zero se deu em razão da necessidade de um tempo mínimo de transição entre o DcS e o DLZ até 2050. Para alcançar o DLZ em 2028, a partir de 2018 foi estabelecido um decréscimo linear de um décimo na taxa de desmatamento por dez anos tendo como referência o desmatamento de 2017 (6.971Km²). Nesse período (2018 a 2028), os cálculos projetam uma redução gradativa linear de 697 km² por ano até atingir o cenário de DLZ em 2028. A redução linear é subtraída do resultado do desmatamento projetado para o ano anterior, estabelecendo uma espécie de “taxa de desconto sobre o desmatamento” até zero. Apenas para efeito de comparação e entendimento da factibilidade de uma proposta de redução tal como esta, a redução anual linear entre

2004 e 2017 foi de 1.614 km² por ano, o que demonstra a viabilidade prática da projeção. Os parâmetros e equações para estimativa do desmatamento no cenário DLZ estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2: Parâmetros e equações para estimativa do desmatamento de 2018 a 2050 no cenário DLZ.

Parâmetro	Fonte	Observação
(2) Projeção do Desmatamento no cenário DLZ (2018-2028).	INPE (2017).	Para a projeção de 2018 a 2028 a pesquisa estabelece uma redução linear constante de 1/10 por ano com base no desmatamento de 2017. A partir de 2028 a projeção é de desmatamento líquido igual a zero por ano.

Equações para projeção do desmatamento DLZ:

$$D_{2018_2028} = \sum_{i=1}^{10}(D_{n-1} - \frac{D_{17}}{10}) \quad \text{(eq. 3)}$$

e,

$$Pj_{desmat_2028_2050} = 0 \quad \text{, para } n > 2028 \quad \text{(eq. 4)}$$

Onde:

D_{n-1} é o resultado do desmatamento no ano anterior em que se quer a projeção (entre 2018 e 2028);

D_{17} é o desmatamento no ano de 2017

$Pj_{D_2017_2028}$: Projeção de desmatamento no período entre 2017 e 2028.

Fonte: Pesquisa

Projeção do desmatamento anual no cenário de Desmatamento como Sempre (DcS) para o período de 2018 a 2050 (KM²).

A partir do histórico de desmatamento anual (1977-2016) divulgado pelo INPE optou-se por tomar como o período mais representativo da realidade atual a taxa de desmatamento dos últimos dez anos (2007 a 2017). A taxa anual de ampliação do desmatamento *acumulado* na Amazônia no período entre 2007 e 2017 é de 0,9328% (a.a.). No mesmo período a taxa de *incremento anual* do desmatamento foi de -4,79% (a.a.). A opção desta pesquisa para o cálculo da projeção do desmatamento, no cenário DcS entre 2018 e 2050, será realizada a partir da ponderação entre as duas taxas, ambas para o período de 2007 a 2017 (equações na tabela 3). Está opção, estabelece uma espécie de elemento de contenção para a taxa exponencial de desmatamento acumulado, tornando-a ligeiramente mais conservadora. Na sessão específica de projeção do desmatamento serão comparadas alternativas de cálculo e outros estudos que abordarão a questão.

Tabela 3: Parâmetros e equações para estimativa do desmatamento de 2018 a 2050 no cenário DcS.

Parâmetro	Fonte	Observação
(3) Projeção do Desmatamento no cenário DcS (2018-2028).	INPE (2017).	A opção para projeção é a taxa de desmatamento acumulado entre o período de 2007 a 2017, utilizando um coeficiente de redução a partir da taxa de redução do incremento anual do mesmo período.

Equação para obtenção da taxa de desmatamento no cenário DcS):

$$DcS_n = \left(D_{2017} \times (1 - k_{D_{acu_{07-17}}})^n\right) - \left(D_{2017} \times (1 - k_{D_{acu_{07-17}}})^n\right) \times k_{D_{inc_{07-17}}} \quad \text{(eq. 4)}$$

Onde,

DcS_n é projeção do desmatamento ano *n* para o cenário de DcS;

$k_{D_{acu_{07-17}}}$ é a taxa de crescimento observada no período de 2007 a 2017 para o desmatamento acumulado (eq. 5); e

$k_{D_{inc_{07-17}}}$ é a variação na taxa de incremento anual do desmatamento no período de 2007 a 2017 (eq. 6).

$$k_{D_{acu_{07-17}}} = \left(\frac{D_{acu_{17}}}{D_{acu_{07}}}\right)^{\left(\frac{1}{n}\right)} - 1 \quad \text{(eq. 5)}$$

$$k_{D_{inc_{07-17}}} = \left(\frac{D_{inc_{17}}}{D_{inc_{07}}}\right)^{\left(\frac{1}{n}\right)} - 1 \quad \text{(eq. 6)}$$

Onde:

$D_{acu_{07}}$ & $D_{acu_{17}}$ é o desmatamento acumulado até 2007 e 2017, respectivamente;

$D_{inc_{07}}$ & $D_{inc_{17}}$ é o desmatamento incremental nos 2007 e 2017, respectivamente; e

n é período analisado (*n=10).*

Fonte: Pesquisa

Compensação econômica anual no cenário DLZ de floresta Amazônica com base no valor da renúncia da agropecuária para o período de 2018 a 2050.

A projeção da compensação, segundo os parâmetros estabelecidos neste tópico, é produto direto dos (i) valores de produtividade da agropecuária por área desmatada (influenciada pela taxa de crescimento anual) e a (ii) projeção do desmatamento anual para o período de 2018 a 2050 (equações a tabela 4). A taxa de aumento da produtividade considera o (i) histórico de produtividade da agropecuária no Brasil (1966-2017) e (ii) projeções de Barbosa Alvim et al., (2015) e (iii) Soares Filho et al., (2017) para produtividade da pecuária e agricultura, respectivamente. A análise está detalhada no tópico específico que trata desse tema.

Essa escolha influencia o valor da renúncia econômica projetada no cenário de continuidade do Desmatamento como Sempre (DcS) e consequentemente a compensação financeira de todo o sistema. Nesse sentido, influencia a análise de

viabilidade global do sistema de compensação, pois permite visualizarmos o comportamento da economia nos cenários DsC *versus* DLZ. Este estudo traz alguns ensaios para a escolha da taxa de aumento da produtividade, para finalmente, determinar uma para o cenário de Desmatamento como Sempre (DcS) e outra para o cenário de Desmatamento Líquido Zero (DLZ). A determinação da taxa de produtividade em cenário DLZ é considerada um produto desta pesquisa e o método desenvolvido está apresentado em tópico específico.

Tabela 4: Parâmetros e equações para estimativa o valor da compensação no cenário DLZ.

Parâmetro	Fonte	Observação
(4) Valor da compensação econômica no cenário de DLZ (2028-2050) com base no custo oportunidade da agropecuária.	Barbosa Alvim et al., (2015) e Soares Filho et al., (2017); (Gasques *et al.*, 2004; IPEA, 2016; MAPA-Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2017)	A partir da projeção anual do desmatamento evitado está projetada a compensação econômica anual.

Equação para compensação:

$$C_{ano_n_DLZ} = P_{agropec_bio_n} \times D_{ano_n} \quad \text{(eq. 7)}$$

Onde,

$C_{ano_n_DLZ}$ é a compensação financeira no ano n no cenário DLZ;

$P_{agropec_bio_n}$ é a produtividade no ano n da agropecuária por área desmatada de Floresta Amazônica no cenário DcS; e

D_{ano_n} é a projeção de desmatamento para o ano no cenário DcS .

e,

$$P_{agro_ano_n} = P_{agropec_bio_{2015}} \times (1 + k_{P_{agropec}})^n \quad \text{(eq. 8)}$$

Onde,

$P_{agro_bio2015}$ é a produtividade encontrada para 2015 na equação 2 (eq. 2).

$k_{P_{agropec}}$ é a taxa de crescimento anual da produtividade no cenário DcS.

Fonte: Pesquisa

Projeção de geração de créditos de carbono no cenário DLZ.

Na mesma lógica da compensação pelo valor da renúncia econômica, a linha de base para geração de créditos de carbono é a curva de desmatamento no cenário DcS em relação à curva de desmatamento no cenário DLZ, conforme parâmetros e equações apresentadas na tabela 5.

Tabela 5: Parâmetros e equações para estimativa o valor do crédito de carbono no cenário DLZ.

Parâmetro	Fonte	Observação
(5) Valor do crédito de carbono no cenário de DLZ (2028-2050).	Plano Nacional de Mudanças Climáticas para definição de CO2/hectare; Estimativa de preços para o crédito de carbono (SISA, 2017; FUNDO AMAZÔNIA, 2018;Green, 2017; Hamrick & Gallant, 2017; Laing, Taschini, & Palmer, 2016; Stiglitz et al., 2017; World Bank & Ecofys, 2017)	Foram realizados ensaios de arrecadação para diferentes preços do carbono, respeitando a faixa de preço mais frequente no ambiente de valorização de crédito de carbono no mercado e compromisso internacionais de redução de emissões.

Equação para o valor do carbono:

$$V_{cred_c_ano} = D_{evDLZ_ano_n} \times \left(\frac{CO_2eq.BMF}{HA}\right) \times P_{cred_c} \quad \text{(eq. 9)}$$

Onde,

$V_{cred_c_ano}$ é o valor gerado no ano *n* pela redução de emissões de GEE;

D_{evDLZ_ano} é a área de desmatamento evitado no ano *n* no cenário DLZ (2028-2050);

P_{cred_c} é o preço estipulado para o crédito de carbono.; e

$\frac{CO_2eq.BMF}{HA}$ é volume de carbono presente na biomassa florestal em um hectare de florestas .

Fonte: Pesquisa

Taxa sobre a energia para formação do fundo DLZ

A taxa sobre o valor da energia será a razão entre o total de compensação e as projeções de faturamento do sistema de geração de energia elétrica no Brasil, conforme parâmetros e equações apresentadas na tabela 6.

Tabela 6: Parâmetros e equações para estimativa da taxa sobre a energia nos diferentes cenários de compensação.

Parâmetro	Fonte	Observação
(6) Taxa sobre a energia para financiamento do sistema de compensação	Empresa de Pesquisa Energética - Anuário (2016); EPE (2016); IBGE (2018)	A partir da projeção de crescimento do consumo de energia definido pela pesquisa com base na série de crescimento do PIB e das projeções da EPA, foi estabelecido o impacto sobre o valor da energia conforme a necessidade de financiamento da compensação anual, considerando cenário DLZ, custo oportunidade da agropecuária e preços de carbono. Todos os valores são nominais.

Equação para as taxas de energia:

$$k_{tarifa_ano_n} = \frac{C_{DLZ_ano_n}}{FSEN_{ano_n}} \times 100$$

Onde,

$k_{tarifa_ano_n}$ é a taxa a ser aplicada sobre o valor da tarifa de energia elétrica nacional no ano *n*;

$C_{DLZ_ano_n}$ é a compensação financeira com base no cenário DLZ no ano *n* (serão realizados cálculos para o cenário com e sem créditos de carbono e com o crédito em diferentes precificações);

$FSEN_{ano_n}$ é o faturamento projetado no ano *n* do sistema elétrico nacional;

$$FSEN_{ano_n} = P_{e_ano_n} \times C_{e_ano_n}$$

Onde,

$P_{e_ano_n}$ é o preço projetado da energia elétrica Nacional;

$C_{e_ano_n}$ é o consumo projetado de energia elétrica Nacional.

Fonte: Pesquisa

Cálculo de viabilidade econômica pelo VPL do sistema de compensação.

Para estimado o VPL é necessário um valor de investimento, ou fluxo de investimento e de um fluxo de entradas líquidas ao longo do período e uma taxa básica de desconto. Na adaptação para este estudo, a compensação anual é o fluxo de investimento, a diferença entre o volume total projetado do VBP nos cenários DcS e DLZ, é o fluxo de entradas líquidas e a taxa será 5% (a.a.) As equações estão apresentadas na tabela 7.

Tabela 7: Parâmetros e equações para estimativa da taxa sobre a energia nos diferentes cenários de compensação.

Parâmetro	Fonte	Observação
(7) Valor Presente Líquido (VPL) do Sistema de compensação no cenário de DLZ (2018-2050)	Bibliografia referente a cálculos de viabilidade financeira de projetos	Para calcular o VPL será necessário estabelecer valores para: (i) O crescimento do VBP em condições de DcS, impactada pelo aumento de área anual de desmatamento e sua respectiva taxa de crescimento da produtividade, fornece a projeção de um VBP para cada ano; (ii) O crescimento do VBP em condições de DLZ, impactada pelo cenário de redução do desmatamento a partir de 2018 e interrupção depois de 2028 até 2050 e sua respectiva taxa de crescimento da produtividade, fornece a projeção de um VBP para cada ano;

Fórmula:

$$VPL_{SC_DLZ} = (Fluxo_{eco_DsC_DLZ}; \alpha_b)$$

Onde,

VPL_{SC_DLZ} é o valor presente líquido do sistema de compensações no cenário DLZ;
$Fluxo_{eco_DsC_DLZ}$ é o fluxo econômico líquido anual da diferença entre DcS e DLZ;
α_b é a taxa básica de desconto.

Fonte: Pesquisa

1. CAPÍTULO I: VALORAÇÃO ECONÔMICA AMBIENTAL, PRODUTIVIDADE DO USO DO SOLO NA AMAZÔNIA E TRIBUTAÇÃO AMBIENTAL.

1.1. VALORAÇÃO ECONÔMICA AMBIENTAL

Segundo Pearce & Pretty (1993), fazer escolhas no contexto da qualidade ambiental é mais complexo do que fazer escolhas no contexto de bens e serviços puramente privados, pois o que está sendo comparado é bem com preço (o bem privado) e outro sem preço (o bem público). Por exemplo: quando se decide investir no controle da poluição do ar em vez de uma nova capacidade de produção; ou comparando dois ou mais bens públicos, qualidade do ar versus qualidade da água, seria necessário atribuir um valor ao bem ou serviço ambiental.

Não há um padrão único de valoração ambiental. Alguns estabelecem o valor do recurso estabelecendo relação com as preferências das pessoas, utilizando-se de mercados hipotéticos ou de bens complementares para obter, de forma direta, a denominada disposição a pagar (DAP) dos indivíduos. Por sua vez, os denominados métodos indiretos procuram obter o valor do recurso através de uma função de produção relacionando o impacto das alterações ambientais a produtos com preços no mercado. No mercado, os indivíduos exercitam a escolha comparando sua disposição a pagar (DAP) com o preço dos produtos, ou seja, eles compram o bem quando sua DAP excede o preço e não o contrário. Sob essa ótica, imputar valores requer encontrar alguma medida de DAP pela qualidade ambiental. Parte-se daí a essência do processo de valoração econômica, isto é, envolve a busca de uma medida de DAP em circunstâncias nas quais os mercados não revelam essa informação (PEARCE, 1992).

Em economia, a falta de informação se configura em uma “falha de mercado” e isso afeta a alocação de recursos dentro de uma economia. Por exemplo, se a produção de culturas específicas envolve o uso de tecnologias agrícolas que dão origem à erosão do solo, esses danos oriundos da erosão do solo podem não ser refletidos na escolha da cultura ou tecnologia. A falha de mercado é ainda mais pronunciada quando os custos são refletidos por outros agentes, como assoreamento de rios (PEARCE, 1992).

Para Loomis, Kent, Strange, Fausch, & Covich (2000) a valoração econômica ambiental (VEA) tenta estimar, em valores monetários, o uso que a sociedade faz dos recursos ambientais e que não são alocados de forma eficiente pelo mercado convencional. Isso ocorre devido às suas características de bens públicos como sendo não rivais e não excludentes. Desta forma, o valor econômico ambiental (VEA) possui técnicas e métodos desenvolvidos com o propósito de estimar valores monetários para os bens e serviços ambientais (PEARCE, 1992; MOTTA, 2006, MOTTA, 2007).

Na literatura de economia ambiental e ecológica o valor econômico total do recurso ambiental (VET) é a principal ferramenta de abordagem para expressar o valor dos recuso ambiental. O VET de um recurso ambiental compreende a soma dos valores de uso (VU) e do valor de não uso (VNU) e pode ser representado da seguinte forma:

VET = VU + VNU

Valores de uso compreendem a soma dos valores de uso direto (VUD), valores de uso indireto (VUI) e valores de opção (VO) (MAY, LUSTOSA E VINHA, 2010; PEARCE E PRETTY, 1993). Assim, o VET pode ser novamente representado:

VET = (VUD + VUI + VO) + VNU

Na tabela 8 está apresentado um esquema de entendimento conceitual e prático em torno do esforço de valoração dos recursos ambientais.

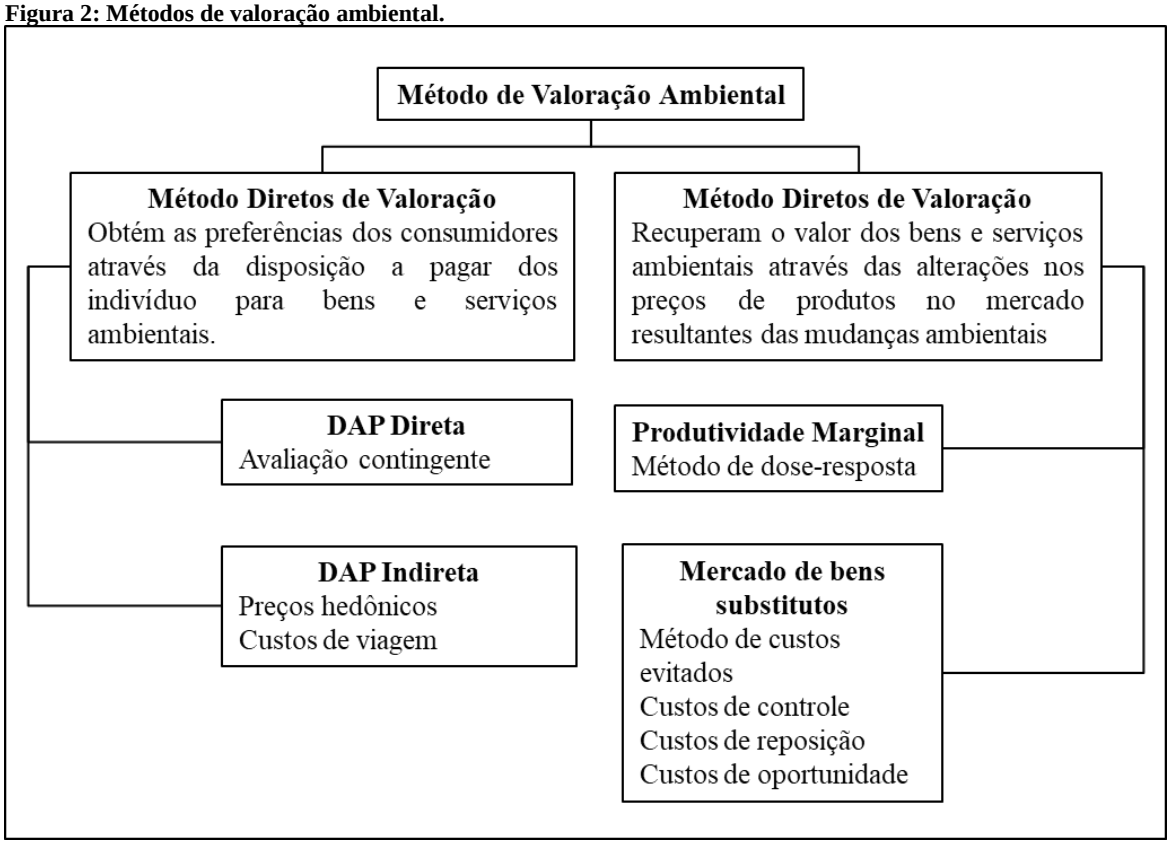
Tabela 8: Taxonomia geral e exemplos do Valor Econômico do Recurso Ambiental.

Valor Econômico do recurso Ambiental			
Valor de Uso			Valor de Não Uso
Valor de Uso Direto	**Valor de Uso Indireto**	**Valor de Opção**	**Valor de Existência**
Bens e serviços ambientais apropriados diretamente da exploração do recurso e consumidos hoje. Exemplos: provisão de recursos básicos (alimentos, medicamentos e não madeireiros, nutrientes, turismo); uso não consumptivo (recreação, marketing); recursos genéticos de plantas.	Bens e serviços ambientais que são gerados de funções ecossistêmicas e apropriados e consumidos indiretamente hoje. Exemplos: fornecimento de suportes para as atividades econômicas e bem estar humano (proteção dos corpos d'água, estocagem e reciclagem de lixo); manutenção da diversidade genética e controle de erosão; provisão de recursos (oxigênio, água e recursos genéticos).	Bens e serviços ambientais de usos diretos e indiretos a serem apropriados e consumidos no futuro. Exemplos: preservação de valores de uso direto e indireto.	Valor não associado ao uso atual ou futuro e que reflete questões, éticas ou altruísticas. Exemplos: florestas como objetos de valor intrínseco (uma doação), um presente para outros (uma responsabilidade); inclui valores culturais, religiosos e históricos.

Fonte: Motta, 2007.

Em suma, o valor econômico total de um recurso ambiental é a soma de todos os seus valores de uso direto/indireto, adicionados de seu valor de opção e valor de existência. Ortiz (2010) alerta para se tomar o cuidado de não adicionar valores mais de uma vez ou somar valores que não seriam possíveis se outro recurso tiver sido considerado na valoração econômica. A literatura apresenta diferentes métodos para se conseguir a valoração ambiental de determinado sistema natural, que poderá variar de acordo com a situação específica de cada contexto analisado, conforme apresentado na figura 2.

Figura 2: Métodos de valoração ambiental.



Fonte: Maia, 2002.

O Método de Dose-Resposta (MDR) ou avaliação por produtividade marginal implica que para cada "dose" de determinada degradação, existirá uma "resposta" em termos de redução na quantidade produzida. Mensurando o grau de perda, pode-se estimar o valor econômico do ambiente avaliado. A ideia pode ser ilustrada por uma situação de erosão em solo a agrícola; a cada "dose" de erosão, existe uma "resposta" em termos de perda de produção. Adicionalmente, essa perda pode ser aproximada pela aplicação de fertilizantes químicos que possuem valores de mercado explícitos e os gastos na sua aquisição oferecem uma medida monetária dos prejuízos decorrentes da "dose" de erosão do solo. Por essa razão o MDR se caracteriza por utilizar preços de mercado (PEARCE & PRETTY, 1993).

Segundo Hanley & Spash, (1993, p. 103) o MDR procura estabelecer um relacionamento entre variáveis que retratam a qualidade ambiental e os níveis quantitativos ou qualitativos do produto no mercado. Este fato estabelece uma forte dependência com as ciências naturais para oferecer os dados econômicos de produção, assim como relaciona diretamente a qualidade ambiental à produtividade. Neste caso a qualidade ambiental é tratada como um fator de produção. O maior

desafio, segundo Pearce (1993), seria estabelecer relações corretas de dose-resposta. Por meio dessa relação, alterações na qualidade ambiental levam a variações na produtividade e custos de produção, os quais levam por sua vez a câmbios nos preços e na produção, que podem ser observados e mensurados.

Talvez o método mais intuitivo entre as diversas possibilidades de valoração é o método de custo de reparação (MCR) por um dano ambiental provocado. Assim, o MCR entende o custo de reparação ou recomposição como uma medida do seu benefício (PEARCE, 1993, p.105). O autor também ressalta que, ao impor uma reparação, a sociedade está determinando que os benefícios são superiores aos custos, quaisquer que sejam estes, e que, neste caso, os custos refletem uma medida mínima dos benefícios. Na prática, o método agrega os gastos efetuados na reparação dos efeitos negativos da degradação ambiental de um recurso utilizado numa função de produção. Com essa abordagem, os gastos com o processo de recuperação ambiental é medida aproximada do benefício que a sociedade aufere determinado ambiente preservado. O MCR considera os gastos com a reparação dos danos provocados pela degradação da qualidade do recurso ambiental.

O método de custos evitados (MCE) estabelece que gastos em produtos substitutos ou complementares a alguma característica ambiental podem ser utilizados como aproximações para mensurar monetariamente a "percepção dos indivíduos" das mudanças nessa característica ambiental (PEARCE & PRETTY, 1993). São esses os gastos preventivos dos indivíduos que são considerados nesse método. Assim, ao tomar a decisão de obter bens substitutos, o indivíduo, estaria valorando a degradação na qualidade do ambiente. Essa abordagem segue uma racionalidade próxima ao que ocorre nas firmas quando das decisões de seu processo produtivo. A motivação para os gastos é a necessidade de substituir por outros insumos (ou melhorar os existentes) devido à mudança na qualidade do recurso anteriormente utilizado no processo produtivo (HANLEY & SPASH, 1993).

O método de valor contingente (MVC) transformou-se no mais usual devido a sua flexibilidade e sua capacidade de estimar VET como um todo e, em particular, o valor de existência. As preferências dos consumidores e o valor que eles atribuem a essas podem, em um primeiro instante, parecer serviço simples de ser realizado. No entanto, existem criticas quanto à coerência teórica das avaliações

empíricas conseguidas através deste método. Especialmente quanto à consistência das preferências declaradas dos usuários potenciais de bens e serviços ambientais. Nesse sentido, poderia haver a tendência de superestimarem-se pagamentos, quando estes são apenas uma hipótese. Mitchell & Carson (1989) concluíram que nenhum dos métodos empregados é neutro com relação às estimativas finais e cada um possui prós e contras, além de levarem a diferenças nas estimativas que são estatisticamente significantes.

Segundo Pearce (1993), a rigor, a avaliação do custo de oportunidade não seria uma técnica de valoração, mas quando outras técnicas não podem ser usadas, ela pode ser extremamente útil no processo de tomada de decisão. Furtado (2016) explica que, técnicas de custo observam os custos que seriam impostos se os bens ambientais fossem convertidos de seu estado natural para um uso alternativo. O método está fundamentado nas informações de custos reais ou potenciais que são determinados usando preços de mercado. No conceito de custo de oportunidade não será quantificado os benefícios de uma ação, mas sim, os benefícios renunciados por um uso alternativo (DIXON & SHERMAN, 1990).

Portanto, o método do custo de oportunidade mensura as perdas de renda nas restrições da produção e consumo de bens e serviços privados devido às ações para conservar ou preservar os recursos ambientais. Esse método indica o custo econômico de oportunidade para manter o fluxo da renda sacrificada pelos usuários dos recursos ambientais de modo a manter a sua renda no nível original. Consequentemente, esse método é amplamente utilizado para estimar a renda sacrificada em termos de atividades econômicas restringidas pelas atividades de proteção ambiental e, assim, permitir uma comparação desses custos de oportunidade com os benefícios ambientais numa análise custo-benefício (MOTTA, 1997). Segundo Motta (2006) o método custo de oportunidade não valora diretamente o recurso ambiental, e sim o custo de oportunidade de mantê-lo. O autor, a decisão de não inundar uma área de floresta para geração de energia hidroelétrica, significa sacrificar o valor da produção desta energia. Neste mesmo raciocínio, criar uma reserva biológica de proteção integral significa sacrificar a renda que poderia ser gerada por usos agrícolas nesta mesma área.

Considerando, por exemplo, a questão dos custos sociais e econômicos

compartilhados entre os diversos agentes que usufruem dos benefícios de ambientes naturais conservados. Embora a proteção ambiental seja desejável, este ato, implica num custo que deve ser mensurado de modo a permitir a divisão entre os diversos agentes que usufruem dos benefícios da conservação (MAIA, 2002). Para representar o cálculo do custo de oportunidade da conservação podemos utilizar a seguinte fórmula:

CE = (Rs – Cs) + Cp

Onde,

CE: representa o valor do custo total de uma área de conservação;

Rs: é o valor da receita bruta calculado pela atividade sacrificada;

Cs: são os custos de produção da atividade sacrificada;

(Rs – Cs): custo de oportunidade da opção pela proteção ambiental;

Cp: representa os custos associados às ações para proteção ambiental.

Fica claro, que no caso de valoração ambiental pelo viés do custo de oportunidade, como afirma Motta, não pretende representar o valor efetivamente do bem que se está preservando, apenas tem como base a renúncia ou sacrifício econômico relativo à atividade interrompida. Outro aspecto a se considerar, é que está formulação, leva em conta o contexto microeconômico da atividade. A visão de renúncia refere-se a rentabilidade, ou a capacidade de gerar excedentes da atividade analisada. Além disso, inclui a questão dos custos de implementação das atividades relacionadas à conservação do ambiente natural.

1.2. PRODUTIVIDADE DO USO DO SOLO NA AMAZÔNIA.

A análise de custo de oportunidade está diretamente relacionada à produtividade, no caso deste estudo, do uso do solo. Alguns estudos foram realizados no sentido de entender a dinâmica de produtividade da produção agropecuária na Amazônia para entender o custo de oportunidade do desmatamento na região. A produtividade da agropecuária pode se referir a cada um dos fatores de produção (trabalho, terra e capital) ou a sua totalidade. A produtividade que nos interessa para

estudo é relativa ao fator "área de produção", pois se pretende estabelecer a relação direta entre desmatamento (área) e geração de valor econômico. Pode-se observar a produtividade na escala dos agentes econômicos para fins de estrapolação, ou na escala macroeconômica das economias regionais e nacionais.

Um dado relevante oferecido pelo pesquisador da EMBRAPA Dr. Eduardo Assad, indica que:

> "Elevando a média de produção para 2,5 a 3 cabeças por hectare na pecuária e produzindo três toneladas de grãos na agricultura, com o que já se tem aberto na Amazônia produziríamos o equivalente a toda a produção agropecuária hoje do Brasil" (ASSAD, 2017, informação verbal)[14] .

Obter tais resultados em termos de produtividade não se configura em uma barreira intransponível. Pelo contrário, a EMBRAPA dispõe de cadernos de tecnologia para integração lavoura-pecuária-floresta com excelentes resultados para o aumento de produtividade. Iniciativa, desenvolvida pela Embrapa Gado de Corte – MT com lavouras e pastagens apresentou uma receita líquida média anual de R$ 1.225,30/hectare, sendo que a rentabilidade da lavoura de grãos foi de R$ 986,60/hectare/ano e da pecuária de corte, de R$ 1.464,00/hectare/ano (Strassburg et al., 2015; p. 32). Deduções[15] realizadas a partir de pesquisa de Börner et al. (2014) os valores médios renunciados pelos produtores na Amazônia Legal para cumprimento da redução de desmatamento está estimado em R$ 1.403/hectare/ano. Borner, neste trabalho, analisou a produtividade por meio de ferramentas econométricas e de georeferenciamento com "células" de 20 x 20 km em toda a Amazônia Legal.

O projeto, intitulado Pecuária Integrada de Baixo Carbono[16], abrangeu 14 fazendas e nos dois anos de execução deste projeto, as fazendas participantes obtiveram a produtividade de até 15,6 @/HA^{-1}, enquanto a média da região é de 4,7 @/HA^{-1}. Nas áreas intensificadas das fazendas, a produtividade alcançou até 27,3 @/HA^{-1}. Além disso, o tempo total de abate dos animais foi reduzido de 44 para 36

[14] Ver palestra de Eduardo Assad no evento USP Talks https://www.youtube.com/watch?v=kw3SmGzDe8o&list=PLxicc7dwTJeX0bpNoJilKIcL0eGQtGipG (acessado em 30 de novembro de 2017).
[15] Confirmadas pelo autor.
[16] https://www.icv.org.br/wp-content/uploads/2013/09/53106projeto_pecuaria_integrada_de_baixo_carbono_vando_telles.pdf

meses (machos) e de 34 para 26 meses (fêmeas) (ICV[17], 2014). Dados apresentado pelo EXAGRO[18] apontaram uma média de 6 @/HA^{-1} em 71 fazendas analisadas, o que representa receita total por hectares média de 982 reais (BARBOSA et al, 2015; p.62). Essa produtividade equivale aproximadamente a 0,9 unidades animal[19] por hectare ou 1,2 bovinos por hectares.

Do ponto de vista regional, considerando a heterogeneidade estrutural da agropecuária no Brasil e especialmente na Amazônia, o desafio proposto por Assad, apesar de ser possível, não é algo trivial de se conseguir. Tomando a meta de aumento médio da produtividade para toda região, o incremento proposto equivaleria a um aumento de produtividade média na ordem de 250% acima dos níveis atuais. Como agravante, a pecuária de corte tem "mostrado pouca capacidade de resposta a estas novas demandas socioambientais" (STRASSBURG et al., 2015; p. 7).

Mesmo em um Estado como o Mato Grosso, onde a agropecuária tem grau de desenvolvimento técnico superior aos demais Estados da Amazônia Legal, Latawiec et al. (2017), mostrou que 90% dos agropecuaristas entrevistados não estavam interessados em integração lavoura-pecuária-floresta, abdicando, segundo Assad (2017, informação verbal[20]) da melhor opção de aumento de produtividade do solo na produção rural. Na mesma pesquisa descobriu-se que 41% dos entrevistados não estavam interessados em nenhum tipo de integração. Gil et al. (2015 *apud* LATAWIEC, 2017) destaca que a questão comportamental é possivelmente a maior barreira para adoção de técnica de integração lavoura-pecuária-florestas. Harmonizar melhorias na produtividade agropecuária e no ambiente requer esforço para superar problemas de acesso ao crédito, extensão técnica e escassez de mão-de-obra (LATAWIEC et al, 2017) e difusão de novos modelos de produção junto aos produtores.

Para Igliori, (2006) o *trade-off* desenvolvimento-conservação no contexto da região amazônica é essencialmente um problema de uso da terra. Com o objetivo

[17] https://www.icv.org.br/2013/12/02/resultados-do-projeto-pecuaria-integrada-de-baixo-carbono-sao-destaque-em-seminario-do-gtps/ - acessado em 14/06/2018.
[18] Ver mais em https://www.exagro.com.br/
[19] Unidade animal é obtida por uma medida média de porte dos animais, onde Bezerros, garrotes e novilhas não contabilizam como uma unidade inteira
[20] A palestra proferida pelo pesquisador Dr. Eduardo Assad pode ser vista em https://www.youtube.com/watch?v=7zvy4hrzTtE – acessado em 23 de outubro de 2017.

de gerar fluxos de oferta de bens e serviços, a conversão de ambientes naturais é parte integrante das escolhas referentes ao portfólio de ativos que a sociedade manterá ou não. Fasiaben, Andrade, Reydon, Garcia, & Romeiro (2009), calcularam o custo de oportunidade para não expansão do desmatamento e o valor identificado foi de R$ 123/HA^{-1}a partir de dados provenientes do arco do desmatamento e sobre a rentabilidade da pecuária. Esse valor aplicado a 80% da área de cada grupo, como extensão prevista por lei para manutenção da cobertura florestal na Amazônia, resultaria em uma compensação anual na região do arco do desmatamento de R$ 492,55 milhões por ano, e para o caso da Amazônia Legal R$ 1,24 bilhões de reais por ano (valores nominais de 2007).

Conforme apresentado no texto introdutório, Philip Fearnside (1997) valorou a conservação da Amazônia em 736 bilhões de dólares, enquanto Costanza et al. (1997) estimou o valor dos serviços ecossistêmicos no Planeta em 33 trilhões de dólares por ano. Apesar de terem utilizados métodos de valoração indireta, pois avaliou o valor de sistemas complexos como serviços ecossistêmicos, ao final, servem a avaliação do custo de oportunidade de perdê-los em razão do modelo de produção. Utilizando os dados gerados por Costanza em seu estudo global, Castro & Andrade (2016) calcularam o valor dos serviços ecossistêmicos perdidos na Amazônia em função das áreas desmatadas entre o período de 1988 e 2014, e chegaram à cifra de R$ 223 bilhões a preços de 2013, o que é ligeiramente inferior ao PIB gerado pela região Norte do Brasil a preços correntes em 2012, estimado em R$ 231,4 bilhões (IBGE, 2014).

Börner, Wunder, Wertz-Kanounnikoff, Hyman, & Nascimento (2014) publicaram estudo estimando perdas econômicas relacionadas à redução de desmatamento em 80%, tendo como base 17.462 km², ou seja, o custo seria para reduzir 13.960 km². Neste cenário, as perdas totais seriam de 2,58 bilhões por ano (valores 2014). Nepstad et al., (2009) estimou, usando modelos econômicos espacialmente explícitos e estimativas programáticas para identificar o custo potencial de um programa voltado para acabar com o desmatamento em 10 anos. Segundo autor, os benefícios incluem a redução da degradação florestas, a poluição do ar, a inundação, a perda de biodiversidade, a erosão do solo e, talvez, a inibição da chuva. Embora sejam capazes de descontar os custos líquidos da redução do

desmatamento, tais serviços são difíceis de quantificar e, em grande parte, não tratados na maioria dos modelos econômicos. As atividades econômicas de base, saúde, educação e preservação cultural para os povos indígenas e tradicionais da floresta e pequenos agricultores foram estimadas em US$ 3,6 a US$ 7,2 bilhões de 2010 a 2020. O custo total de oportunidade virtualmente que incide sobre os proprietários está estimado em US$ 14 bilhões, ou US$ 26 bilhões, se uma cobertura florestal mínima de 60% for imposta para cada Estado da Amazônia para evitar a alteração do regime de chuvas. No entanto, a estimativa final está restrita as florestas privadas que se qualificariam para compensação, representando somente 10 a 15% dos possíveis custos de oportunidade.

Na esfera de um sistema REDD, conforme definido na Lei de Segurança de Energia Limpa americana aprovada pela Câmara dos Deputados dos EUA, as reduções da meta de desmatamento no Brasil poderiam gerar receitas avaliadas entre US$ 37 bilhões e US$ 111 bilhões no período de 2013 a 2020, fornecendo uma margem para aumentar o programa e acabar com o desmatamento. “Acabar com o desmatamento na Amazônia brasileira em 2020 com menos de 20% da floresta desmatada seria uma conquista extraordinária e extremamente difícil, talvez única na história da expansão da fronteira” (NEPSTAD et al., 2009; p. 1351).

Em geral, os estudos de custo de oportunidade, abordam o custo de oportunidade dos agentes econômicos no momento de decisão sobre o que fazer com a terra. Por outro lado, a partir de uma visão macroeconômica, a rentabilidade do uso do solo também pode ser analisada a partir da relação entre o valor agregado bruto dos setores da economia e a área aberta na Amazônia, fazendo assim referência a uma escala ampla e geral para a região. Nesse caso, a análise englobaria o pior e o melhor caso dentre todas as possibilidades do conjunto, extraindo de forma direta a média de toda a região.

Adicionalmente, a análise de custo de oportunidade não se apresenta de forma absoluta quando relativizada ao tempo e ambiente. Tanto a visão de prazo quanto o ambiente externo podem influenciar os resultados da análise. Uma determinada opção de negócio pode ser viável em um lugar (espaço) e inviável em outro, assim como pode ser viável para um período de análise e inviável em outro. Por exemplo, se por um lado aspectos logísticos e de infraestruturas determinam a

viabilidade do agronegócio de alta rentabilidade, por outro, em um prazo de análise médio e longo prazo, pode-se esperar menor rentabilidade pela perda de serviços ambientais e exaustão da terra (CELENTANO E VERÍSSIMO, 2007).

Faz-se necessário, ao referir-se à produtividade dos fatores de produção, enfrentar a questão posta pelo economista britânico William Stanley Jevons (1835-1882), que escreveu em 1865 o livro "O Problema do Carvão[21]". Jevons observou que o aumento da produtividade dos motores na Revolução Industrial ao contrário de reduzir, provocou aumento no uso total do carvão. O que ficou conhecido como Paradoxo de Jevons (ou efeito bumerangue – rebound effect) é uma expressão para explicar que o aprimoramento tecnológico ao incrementar eficiência com a qual se usa um recurso ou se produz um bem econômico, o mais provável é que aumente a demanda desse recurso ou produto, estimulado pelo aumento de capital associado à redução de custos unitários. Geogescu-Roegen (1974) também retoma essa questão com forte vigor analítico e conclui que a produtividade associada ao consumismo tem repercussões dramáticas para a perda de ambientes naturais e mais especificamente de matéria-energia.

O recurso em questão no presente estudo é área propícia para agropecuária convencional, ou seja, aquelas áreas que tem sua biodiversidade retirada para dar lugar a campos de produção agrícola e pecuária. Nesse caso, é factível concluir que aumentos de produtividade em relação à área utilizada, e este aumento forem seguidos pelo aumento de produtividade do capital (rentabilidade), também haverá um aumento de demanda por mais terras nessa categoria de uso. Tal desdobramento pode de fato ocorrer, desde que amparada na liberdade de acesso e expansão do uso do recurso (área). Portanto, o DLZ concebido no contexto dessa pesquisa teria um caráter mandatório obtido por força de regulação e ter como instrumentos contenção, o comando, monitoramento e a repressão aos ilícitos ambientais relacionados ao desmatamento.

Para efeito desta pesquisa, será amplamente utilizado o conceito de custo de oportunidade, mas não integralmente como foi apresentado nesta sessão, especialmente em relação à fórmula proposta. A análise a que se pretende se dará no

[21] O livro na íntegra pode ser acessado em: https://books.google.com.br/books?id=oQdZAAAAYAAJ&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false (09/06/2018).

nível macroeconômico. O referencial para análise de custo de oportunidade não será a lucratividade da atividade agropecuária por hectare, e sim a capacidade de gerar Valor Bruto da Produção no agregado do setor para a região Amazônica. Do ponto de vista macroeconômico, custos também geram valor à medida que agrega trabalho, recurso natural e capital. Além disso, não se colocará os custos das atividades de conservação pelo mesmo motivo. Procura-se estabelecer uma percepção sobre o custo de oportunidade para o País e para a sociedade em geral, sem que se preveja necessariamente compensação direta aos agentes envolvidos como forma de compensar os sacrifícios econômicos relacionados ao esforço de conservação.

1.3. **TRIBUTAÇÃO AMBIENTAL**

A aplicação de taxas e impostos ambientais teve como expoente pioneiro o economista Arthur Pigout, no início do século passado (1920). A partir da doutrina de Pigout se "reconhece a existência de externalidade e a divergência associada a esta entre os custos privados e sociais e entre os benefícios privados e sociais" (Pigout apud RIVAS, 2004; p. 85). Segundo Pigout, as externalidades da produção, não podem ser mitigadas por meio da negociação direta entre as partes interessadas. O princípio básico dos impostos sobre a externalidade da produção é que o imposto elimina a divergência entre o custo marginal privado (CMP) e o custo marginal social (CMS). "Esse processo é às vezes reconhecido como internalização das externalidades" (RIVAS, 2014; p. 86).

Com o imposto "Pigouviano" se postula o sobre-preço, ou seja, o preço ou valor da externalidade criada a partir da sua internalização e, consequentemente, alterando o nível de utilização dos recursos ambientais. Para a determinação desse imposto é necessário identificar os custos externos e somar ao preço de mercado, representado, assim, o preço social do recurso. Assim, esse preço social é imputado a cada usuário, alterando os níveis de uso individual e agregado, refletindo uma otimização social do uso do recurso ambiental. Estabelecer taxação Pigouviana é uma tarefa que enfrenta alguns problemas de implementação, principalmente, devido à dificuldade de mensuração dos custos sociais (MOTTA, OLIVEIRA E MARGULIS, 2000).

Em 2000 Motta et al., elaboraram uma proposta de tributação ambiental

alternativa à taxação "pigouviana" e à mecanismos de controle baseada no princípio do poluidor/usuários pagador. Na concepção dos autores, é necessário modelar o comportamento dos agentes econômicos de forma a se analisar o *ex-ante*, na qual o usuário percebe o pagamento do dano antes do ato de uso e sua formulação *ex-post* que está associada à reparação de danos por meios judiciais após seu uso ter gerado o dano (MOTTA, OLIVEIRA E MARGULIS, 2000).

Costa (2011) conceitua a tributação ambiental como o emprego de instrumentos tributários para gerar os recursos necessários à prestação de serviços públicos de natureza ambiental (aspecto fiscal), bem como tem efeito sobre a conduta dos contribuintes em relação à proteção do meio ambiente (aspecto regulatório). Segundo o autor, experiências em países como França, a Alemanha e os Estados Unidos da América comprovam vantagens quanto à introdução de um sistema de tributos ambientais, pois estimula o comportamento individual (orientação para um modo ecológico) no sentido de mitigar os efeitos econômicos da tributação (Costa, 2011).

Costa (2011) também afirma que todas as espécies do sistema tributário podem ser passíveis de proporcionarem instrumental para a finalidade ambiental, tais como, os impostos, taxas, contribuição de melhoria, contribuições de intervenção no domínio econômico (CIDE), incluindo em suas técnicas concessão de incentivos fiscais (isenções e deduções), progressividade e diferenciação de alíquotas.

Nunes e Azevedo (2010) definem quatro formas de criação de tributos extrafiscais com a função principal de proteger o meio ambiente:

(i) Impostos ambientais – fonte de grande arrecadação para o Estado com função fiscal e arrecadatória. São instituídos[22] sete impostos na esfera Federal, dois na esfera Estadual e três na esfera Municipal. Deste modo, outros impostos poderão ser criados por meio da competência residual constitucionalmente atribuída à União. Assim, a configuração de um "Imposto Verde" deve ser vinculada a atividades que causem danos ou risco ao meio ambiente internalizando as externalidades negativas. Isso tornaria a atividade e os produtos fabricados mais

[22] Art. 153, art. 155 e art. 156 da Constituição Federal.

caros. Por outro lado, tornaria cada vez mais proibitivo as atividades mais arriscadas ou poluentes forçando o mercado a tomar atitudes visando proteger os recursos ambientais. Entretanto, a instituição desse imposto não teria a função arrecadatória e não voltada para uma área específica, o que só poderia ocorrer por meio de uma Emenda Constitucional modificando a configuração normativa dos impostos de modo a permitir que a verba arrecadada fosse destinada a programas e órgãos ambientais.

(ii) Taxas ambientais – *Espécie tributária de competência comum e a sua instituição cabe a todos os entes federados, cada qual em seu âmbito de atuação*. A instituição de taxas ambientais de guardar relação de referência com o trabalho desempenhado, considerando os instrumentos e produtos aplicados, extensão do dano, complexidade do mesmo, emprego de pessoal na atividade, tempo de recuperação, dentre outros. Deste modo, a base de cálculo e a alíquota aplicável devem considerar esses elementos para definição do quanto será devido pelo contribuinte, além de ter estreita relação com a função desempenhada pelo Estado.

(iii) Contribuição de melhoria – *É um tributo de competência comum*. O Estado realiza obra com dinheiro público e que importe em valorização imobiliária do patrimônio do contribuinte, em seguida cobra esse tributo com vista aos seus gastos. Uma vez que esse tributo tem essa finalidade, o Estado poderia instituir a Contribuição de Melhoria no caso de construção obras de cunho ambiental, tais como parques, praças, bosques, arborização de vias, etc.

(iv) Empréstimo compulsório – *Tributo que só pode ser instituído pela União por meio de Lei Complementar, sendo sua aplicação dos recursos vinculada à despesa extraordinária (calamidade pública, guerra externa ou sua iminência, ou de investimento público de caráter urgente e de relevante interesse nacional)*. No caso ambiental, a ocorrência de grandes desastres ambientais e arrecadação voltada ao combate de possíveis situações catastróficas específicas poderiam

ensejar a instituição desse tributo.

Outra possibilidade que poderia ser aplicada ao meio ambiente é decorrente da Contribuição para Intervenção no Domínio Econômico (CIDE) que *pode ser direcionada para qualquer setor econômico em que haja atuação particular*.

Segundo Nunes e Azevedo (2010),

> É, ainda, completamente viável a criação de CIDEs ambientais nos mais distintos setores econômicos, já que a defesa do meio ambiente é um dos princípios vetores da ordem econômica como um todo. Inclusive, com o advento da Emenda Constitucional nº 33, de 2001, no próprio corpo do texto constitucional, já apresenta-se o delineamento da CIDE-Combustíveis, no art. 177, §4º, pelo que se depreende que está inserida na indústria do petróleo e gás, guardando relação com as atividades de importação ou comercialização de petróleo e seus derivados, gás natural e seus derivados e álcool combustível, e deverá atender aos seguintes requisitos: a alíquota da contribuição poderá ser: diferenciada por produto ou uso; reduzida e restabelecida por ato do Poder Executivo.
> Nesses casos, os recursos arrecadados serão destinados ao pagamento de subsídios a preços ou transporte de álcool combustível, gás natural e seus derivados e derivados de petróleo; ao financiamento de projetos ambientais relacionados com a indústria do petróleo e do gás ou ao financiamento de programas de infraestrutura de transportes (NUNES & AZEVEDO, 2010; p. 11).

De acordo com a segunda Lei da CIDE[23] os critérios e diretrizes para aplicação dos recursos arrecadados estabelecidos dispõe que os projetos ambientais relacionados com a indústria do petróleo e do gás a serem contemplados serão administrados pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA). Isso demonstra um direcionamento pragmático para o produto da arrecadação desse tributo vindo a cumprir com o seu objetivo constitucional (NUNES & AZEVEDO, 2010; A. REIS & FERREIRA, 2016).

Neste estudo, a proposta de taxação sobre a energia, não seguirá de forma estrita o conceito Pigouviano, na medida em que não está vinculada a determinação dos custos sociais e ambientais da geração de energia. Por outro lado, a taxa sobre a energia tem estreita relação com a noção de valoração ambiental pelo Método de Custos Evitados (MCE), ou seja, o desmatamento líquido zero na Amazônia concorre diretamente para conservação de ciclos hídricos fundamentais para a geração de

[23] Lei Nº 10.636 de 30 de dezembro de 2002.

energia no Brasil. Além disso, o esforço de financiamento permanece diluído sobre o contingente global de beneficiários dos serviços ecossistêmicos conservados. Nesse sentido, o viés se aproxima ao alerta pioneiro do Professor Samuel Benchimol (1989 e 1990) sobre a necessidade de haver compensações econômicas em forma de taxas em troca dos benefícios ecológicos para a sociedade da Amazônia conservada (Rivas, Mota e Machado, 2009).

2. CAPÍTULO II: SISTEMA DE COMPENSAÇÃO ECONÔMICA PELO DESMATAMENTO ZERO NA AMAZÔNIA BRASILEIRA.

Conforme apresentado na introdução, a compensação econômica proposta neste trabalho, apesar de reconhecer valor econômico dos serviços ambientais e ecossistêmicos proporcionados pela floresta Amazônica, irá ser calculada a partir da renúncia econômica (CO) do segmento agropecuário em um cenário de desmatamento líquido zero (DLZ) e do potencial de arrecadação financeira a partir da geração de créditos de carbono por meio da metodologia de Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação (REDD).

Serão necessárias informações sobre o perfil do desmatamento e a produção de riqueza do segmento agropecuário para estabelecer os valores de compensação econômica em cenário de obstrução do desmatamento na Amazônia. Para cumprir o roteiro dos cálculos do modelo, este capítulo terá as seguintes sessões: (2.1) Classificação do desmatamento na Amazônia; (2.2) Produtividade econômica da agropecuária por hectare desmatado de floresta Amazônica sob a ótica do valor bruto da produção – VBP; e (2.3) Projeções da compensação econômica.

2.1. CLASSIFICAÇÃO DO DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA

Em condições normais, a legislação vigente[24] para uso do solo no Brasil permite que cada propriedade privada na Amazônia possa (retiradas áreas de proteção permanente) pleitear o desmatamento de até 20% de sua superfície total. No entanto, infelizmente, o desmatamento não está restrito a processos legais (HIGUCHI, 2005, P. 25), pelo contrário, o analista ambiental Jair Schmitt, na ocasião, coordenador-geral de Fiscalização Ambiental do IBAMA, estimou “a partir dos relatos dos técnicos dos órgãos ambientais, que apenas 5%” (Schmitt, 2015; P. 85) do total desmatado na Amazônia seja legal. Assume-se, portanto, que há deficiência de informação que impossibilita o real cômputo do desmatamento realizado ilegalmente. O desmatamento ilegal, sem autorização ou fruto de invasões de terras devolutas ou de propriedade da União, Estados e Municípios, ocorrem predominantemente concentrados nos municípios posicionados no “arco do

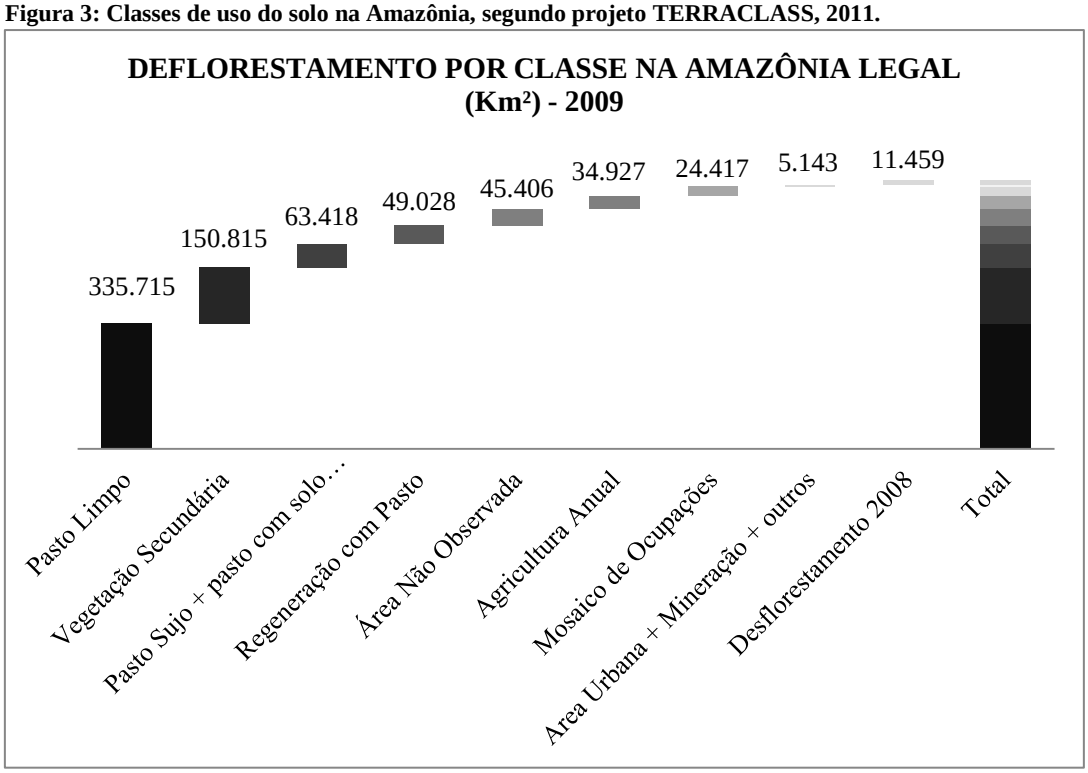
[24] Estabelecido no Código Florestal Brasileiro.

desmatamento[25]".

Vale ressaltar que para esse estudo, a maior relevância está na destinação das áreas abertas e não exatamente na análise minuciosa da dinâmica do desmatamento. Nesse sentido, o perfil da ocupação do solo na Amazônia, terá como base de dados disponibilizados no programa TERRACLASS (INPE&EMBRAPA, 2011, 2014). O programa tem por objetivo "realizar a qualificação, a partir de imagens orbitais, das áreas já desflorestadas da Amazônia Legal." (TERRACLASS, p. 5; 2011) e disponibiliza livremente os dados da análise sobre uso do solo.

O estudo qualificou (ver tabela ANEXO 2) a utilização do solo em (i) agricultura anual (ii) mosaico de ocupações, (iii) área urbana, (iv) mineração, (v) pasto limpo, (vi) pasto sujo, (vii) regeneração com pasto, (viii) pasto com solo exposto, (ix) regeneração secundária e (x) outros.

Figura 3: Classes de uso do solo na Amazônia, segundo projeto TERRACLASS, 2011.



Fonte: Elaborado a partir dos dados INPE – TERRACLASS, 2011.

Retirando apenas as categorias áreas urbanas, áreas de mineração e outros, a análise fundamentada da descrição apresentada em cada perfil de ocupação da terra

[25] O arco do desmatamento é uma terminologia muito comum utilizada por diversos autores para identificar a região que compreende os municípios onde o desmatamento é mais intenso na Amazônia. O arco compreende cerca de 250 municípios da Amazônia Legal. Verm= mapa em http://midiaeamazonia.andi.org.br/texto-de-apoio/o-arco-do-desmatamento-na-amazonia - acessado em 10/04/2018

na Amazônia pelo TERRACLASS (2011) sugere que aproximadamente 99% do desmatamento na Amazônia Legal guarda total ou parcial relação com a agropecuária. Em 2014, de acordo com a atualização do estudo e seguindo a mesma lógica de agrupamento, a relação entre desmatamento e agropecuária esteve na ordem de 98,6%, demonstrando, portando pouquíssima alteração. Segundo BARBOSA et al (2015, P. 27) somente a pecuária responderia por cerca de 85% de toda a área desmatada na Amazônia.

Os resultados apresentados em 2011 e 2014 pelo TERRACLASS para efeito deste estudo pode ser considerado vigente, pois indica as proporções entre cada uma das modalidades de ocupação. Mesmo que tenham sido alteradas, não há razão para acreditar que dentro do conjunto entendido como influência da agropecuária possa ter havido relevantes modificações. Por exemplo, certamente houve migração de pastos sujos para pasto limpo ou para agricultura, mas ambos compõem o conjunto agropecuário. Desse modo, ao se propor um agrupamento de uso de solos relacionados à agropecuária, não importa a mobilidade interna do agrupamento proposto, e sim o que esta categoria representa no conjunto.

A informação sobre a porção de floresta Amazônica em cada Estado é relevante para este estudo (tabela 9), pois serve à ponderação dos valores do VBP da agropecuária de cada Estado, o que influencia diretamente nos resultados do modelo aqui apresentado. São números do quadro geral da região e que servirão para visualizar a geração de valor a partir do desmatamento no Bioma.

Tabela 9: Classificação da paisagem nos Estados da Amazônia Legal.

Paisagem	AC	AP	AM	MA	MT	PA	RO	RR	TO	Amazônia Legal
Floresta Amazônica	100%	100%	100%	34%	54%	100%	98,8%	100%	9%	77,3%
Outros biomas	-	-	-	65%	46%	-	1,2%	-	91%	22,7%

Fonte: IBGE - https://ww2.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm - acessado em 18/03/2018.

A desconsideração econômica da mineração no cálculo do modelo não implica na crença de que os reflexos ambientais não sejam tão graves quanto o desmatamento. A contaminação de corpos d'água em áreas com esse tipo de exploração em geral tem efeito sistêmico devastador para a biodiversidade e

qualidade ambiental da região atingida com reflexos diretos sobre a saúde humana[26]. No entanto o foco deste estudo está sobre a problemática do desenvolvimento econômico e o fenômeno do desmatamento na região, derivando desta decisão a análise sobre a economia da agropecuária. Nesse sentido, no agrupamento proposto por esse estudo o uso do solo relacionado às atividades agropecuárias corresponde a 99,2% das áreas desmatada na Amazônia.

2.2. PRODUTIVIDADE ECONÔMICA DA AGROPECUÁRIA POR HECTARE DESMATADO DE FLORESTA AMAZÔNICA SOB A ÓTICA DO VALOR BRUTO DA PRODUÇÃO - VBP.

O fato de não se estar procurando entender a resposta local, em termos de aderência dos produtores diante de oportunidade de conservar ou não, faz-se suficiente conhecer qual o valor global da compensação. Nesse sentido, a opção metodológica busca estimar o benefício econômico para a sociedade (Amazonia Legal e Brasil) relacionado ao custo ambiental do desmatamento. Sendo assim, a análise de produtividade por área desmatada e degradada do floresta Amazônica deverá receber ponderações referentes ao Floresta Amazônica e a contribuição relativa para o VBP da região de estudo.

O Valor Bruto da Produção da agropecuária dividido pela área desmatada em seu território no ano correspondente (ver dados na tabela 1 e 2 no ANEXO 1) resulta na produtividade média daquele ano especificamente conforme apresentado na tabela 10.

[26] Um exemplo dos mais presentes é a contaminação de metais pesados em corpos d'água ocasionados pela mineração e garimpos na Amazônia e que impactam diretamente a saúde da população local.

Tabela 10: Produtividade média por Km² desmatado na Amazônia Legal por Estado.

PRODUTIVIDADE DA AGROPECUÁRIA POR KM² DESMATADO NA AMAZÔNIA LEGAL (R$/HECTARE) – Valores atualizados pelo IPCA para 2018.

ANO	RO	AC	AM	RR	PA	AP	TO	MA	MT	AMAZÔNIA LEGAL
2003	388	490	1.235	307	477	447	859	570	1.258	742
2004	553	570	1.130	370	496	401	1.342	754	1.745	950
2005	527	506	1.003	415	484	518	1.331	787	2.130	1.051
2006	514	543	848	360	488	938	1.264	742	1.987	996
2007	460	483	926	319	506	1.023	1.068	672	1.263	777
2008	497	498	852	347	489	1.053	1.100	720	1.523	853
2009	622	601	831	354	473	903	1.505	1.049	2.006	1.058
2010	605	546	901	312	483	971	1.586	849	1.882	997
2011	616	736	1.143	335	581	1.002	1.600	836	1.615	973
2012	634	762	2.054	381	608	1.102	1.836	911	2.157	1.196
2013	748	798	1.824	430	645	1.278	1.960	924	2.569	1.331
2014	713	904	2.102	697	833	1.160	2.146	1.060	2.639	1.456
2015	769	961	1.949	638	746	1.157	2.438	1.099	2.713	1.461

Fonte: Elaborado pela pesquisa a partir de dados do INPE (anexo 1) e IBGE (anexo 2).

Não há impedimento conceitual para a possibilidade de assumirmos os valores da tabela 10 como referência para a produtividade média na região para cada hectare desmatado, mas neste caso, estaria relacionado à conservação do Cerrado, Pantanal e Caatinga, também presentes na Amazônia Legal. Nesse sentido, se o estudo se restringe ao floresta Amazônica, será necessária estabelecer uma ponderação a partir das dimensões do floresta Amazônica em relação à Amazônia Legal. A relação entre Amazônia Legal e Floresta Amazônica se dá na proporção aproximada de 77% (IBGE). A ponderação direta da região deixa perde a relativização da proporção de floresta Amazônica em cada Estado, distorcendo o peso de cada Estado sobre a produtividade média.

Ponderando a produtividade de cada Estado por sua respectiva proporção de Floresta Amazônica, evita-se, por exemplo, que Estados como o Mato Grosso que apresentam alta representatividade no Valor Bruto da Produção da agropecuária (estimado em 47,3 bilhões de reais em 2015), mas com menor porção de floresta Amazônica (45,46%), possa produzir excessiva distorção na estimativa final. Estados como Tocantins, Maranhão também estão entre os Estados com expressiva diferença

entre seu território e sua respectiva área de floresta Amazônica.

A opção escolhida por esse estudo, além de incluir uma ponderação sobre o floresta Amazônica em cada Estado (tabela 9), também estabelece um peso relativo a contribuição do Estado no conjunto da economia da agropecuária na Amazônia Legal, conforme apresentado na tabela 11.

Tabela 11: Participação dos Estados na formação do VBP da agropecuária da Amazônia Legal - IBGE, 2016.

ANO	RO	AC	AM	RR	PA	AP	TO	MA	MT
2003	5,4%	1,8%	7,7%	0,5%	21,4%	0,3%	4,8%	12,5%	45,6%
2004	6,1%	1,7%	5,5%	0,4%	17,3%	0,2%	5,7%	12,5%	50,6%
2005	5,3%	1,3%	4,4%	0,4%	15,3%	0,2%	5,0%	11,5%	56,4%
2006	5,5%	1,5%	3,9%	0,4%	16,3%	0,4%	5,0%	11,3%	55,6%
2007	6,4%	1,7%	5,5%	0,5%	21,8%	0,6%	5,3%	13,0%	45,2%
2008	6,3%	1,6%	4,6%	0,5%	19,3%	0,6%	4,9%	12,6%	49,6%
2009	6,3%	1,6%	3,6%	0,4%	15,2%	0,4%	5,4%	14,8%	52,4%
2010	6,5%	1,5%	4,2%	0,4%	16,5%	0,5%	5,9%	12,7%	51,8%
2011	6,8%	2,1%	5,5%	0,4%	20,4%	0,5%	6,1%	12,7%	45,5%
2012	5,7%	1,8%	8,1%	0,4%	17,4%	0,5%	5,7%	11,2%	49,3%
2013	6,0%	1,7%	6,5%	0,4%	16,6%	0,5%	5,4%	10,2%	52,6%
2014	5,3%	1,8%	6,9%	0,6%	19,6%	0,4%	5,4%	10,6%	49,3%
2015	5,7%	1,9%	6,5%	0,6%	17,5%	0,4%	6,1%	10,9%	50,5%
Mediana	**6,0%**	**1,7%**	**5,5%**	**0,4%**	**17,4%**	**0,4%**	**5,4%**	**12,5%**	**50,5%**

Fonte: Elaborado pela pesquisa a partir de dados do IBGE.

As medianas das participações dos Estados na formação do VBP da agropecuária na Amazônia Legal, considerando a série de dados entre 2003 a 2015, ponderadas pela participação do floresta Amazônica em cada Estado, resultam na estimativa da contribuição de cada Estado para a produtividade da agropecuária por hectare desmatado do floresta Amazônica na Amazônia Legal (tabela 12).

Tabela 12: Contribuição de cada Estado para a produtividade da agropecuária por hectare desmatado do floresta Amazônica na Amazônia Legal (2015) – Valores atualizados para 2018 pelo IPCA.

UF	Produtividade da agropec (R$/hectare)	Participação do Estado no VAB da agropec na Amazônia Legal	Participação do floresta Amazônica na área do Estado	Contribuição do Estado para a produtividade (R$/hectare)
RO	769	6,0%	99%	45,96
AC	961	1,7%	100%	16,15
AM	1949	5,5%	100%	107,02
RR	638	0,4%	100%	2,84
PA	746	17,4%	100%	129,75
AP	1157	0,4%	100%	5,20
TO	2438	5,4%	9%	11,84
MA	1099	12,5%	34%	46,60
MT	2713	50,5%	54%	739,83
		AMAZÔNIA LEGAL		1.105,19

Fonte: Elaborado pela pesquisa a partir de dados do INPE e IBGE. Nota metodológica: a participação do VBP do estado é obtida pela mediana de 2003 a 2015.

Por meio do método de dupla ponderação, o resultado final não será mais uma média, mas a soma dos valores de cada Estado. A estimativa da produtividade da agropecuária por hectare desmatado de floresta Amazônica no ano de 2015, segundo este método, é de 1.105,19 reais, conforme apresentado na tabela 13. Observando a série de 2003 a 2015 por Estado e para Amazônia Legal, seguindo a metodologia de dupla ponderação, pode-se visualizar o incremento de produtividade nesse período.

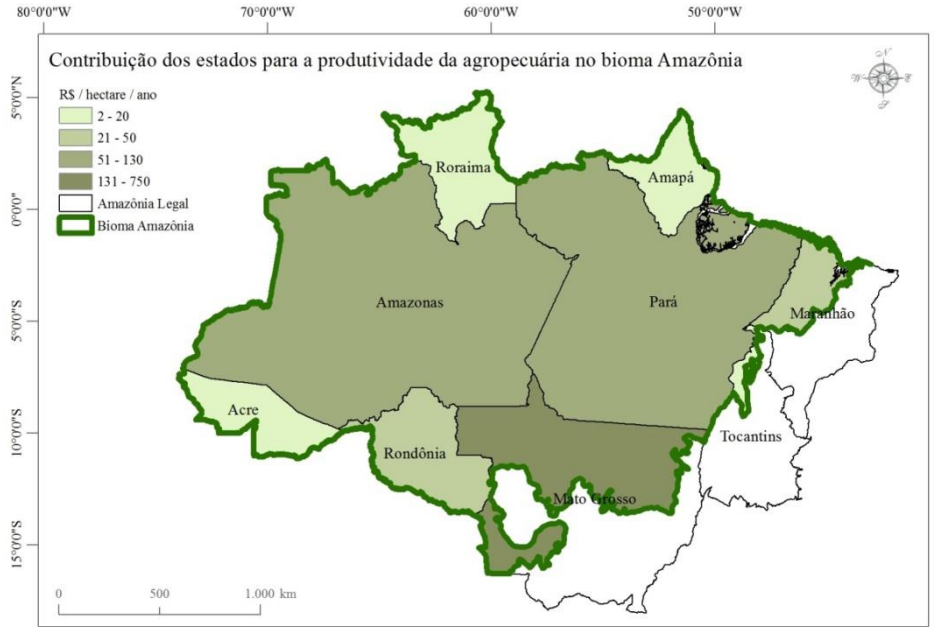
Tabela 13: Produtividade média da agropecuária por hectare desmatado do floresta Amazônica na Amazônia Legal (R$/hectare).

ANO	RO	AC	AM	RR	PA	AP	TO	MA	MT	AL
2003	23,2	8,2	67,8	1,4	83,0	2,0	4,2	24,2	343,2	557
2004	33,0	9,6	62,1	1,6	86,4	1,8	6,5	32,0	475,9	709
2005	31,5	8,5	55,1	1,8	84,3	2,3	6,5	33,4	580,9	804
2006	30,7	9,1	46,6	1,6	85,0	4,2	6,1	31,5	541,8	757
2007	27,5	8,1	50,8	1,4	88,1	4,6	5,2	28,5	344,4	559
2008	29,7	8,4	46,8	1,5	85,1	4,7	5,3	30,5	415,5	628
2009	37,1	10,1	45,6	1,6	82,4	4,1	7,3	44,5	547,0	780
2010	36,1	9,2	49,5	1,4	84,0	4,4	7,7	36,0	513,3	742
2011	36,8	12,4	62,8	1,5	101,0	4,5	7,8	35,4	440,4	703
2012	37,9	12,8	112,8	1,7	105,8	4,9	8,9	38,6	588,3	912
2013	44,7	13,4	100,1	1,9	112,2	5,7	9,5	39,2	700,6	1.027
2014	42,6	15,2	115,4	3,1	145,0	5,2	10,4	45,0	719,7	1.102
2015	46,0	16,2	107,0	2,8	129,8	5,2	11,8	46,6	739,8	1.105
Cresc. % (a.a.)	5,9	5,8	3,9	6,3	3,8	8,2	9,1	5,6	6,6	5,87

Fonte: Elaborado pela pesquisa a partir de dados do INPE e IBGE. Nota: AL é Amazônia Legal; valores atualizados pelo IPCA para 2018.

Visualmente, o mapa da figura 4, estabelece uma gradação da contribuição de cada Estado para a formação da produtividade média da agropecuária por hectare desmatado de Floresta Amazônica.

Figura 4: Contribuição dos Estados para formação da produtividade da agropecuária na Amazônia por hectare desmatado de Floresta Amazônica.



Fonte: Elaborado pela pesquisa a partir de dados do INPE e IBGE. Nota: AL é Amazônia Legal

Apenas para efeito comparativo em relação a outros estudos realizados, vale destacar a recente publicação do Grupo de Trabalho pelo Desmatamento Zero

divulgou estudo intitulado Desmatamento Zero na Amazônia: como e porque chegar lá, onde se estimou em R$ 604/ano a produtividade do hectare desmatado nos Estados florestais a partir do valor bruto dos produtos agropecuários calculados para 2016 (GREENPEACE, IMAFLORA, IMAZON, ICV, IPAM, THE NATURE, 2017; p. 27). A análise teve o escopo restrito para o que a publicação definiu como Estados florestais, excluindo em razão disso o Mato Grosso e o Tocantins, como informa na nota 1 na página 32. Tal exclusão sacrifica uma representatividade fundamental do agronegócio da Amazônia Legal, pois somente o Estado do Mato Grosso, contribui com 50,5% na geração VBP da agropecuária para toda a Amazônia Legal.

Conforme, apresentado na revisão bibliográfica, Borner et al (2014), por meio de informação espacializada para áreas de 20 x 20 km em toda a Amazônia Legal, estimou em 1.403 reais por hectare/ano a produtividade da agropecuária da região. Considerando que o escopo do estudo de Borner et al é Amazônia legal e não floresta Amazônica, os valor encontrado, neste trabalho guarda coerência com ambos os estudos.

Portanto, para efeito do cálculo das projeções, o presente estudo empregará o valor de 1.105 reais para expressar a produtividade da agropecuária por hectare desmatado de floresta Amazônica na Amazônia Legal, tendo como base o ano de 2015 (valores atualizados para 2018 pelo IPCA). A partir desta estimativa será necessário estabelecer taxas específicas de incremento da produtividade para os cenário de “Desmatamento Zero” (DLZ) e “Desmatamento como Sempre” (DcS) para o período de 2018 a 2050. A especificidade da taxa será melhor abordada nos tópicos 2.3.2 e 2.3.3.

2.3. PROJEÇÕES DA COMPENSAÇÃO ECONÔMICA.

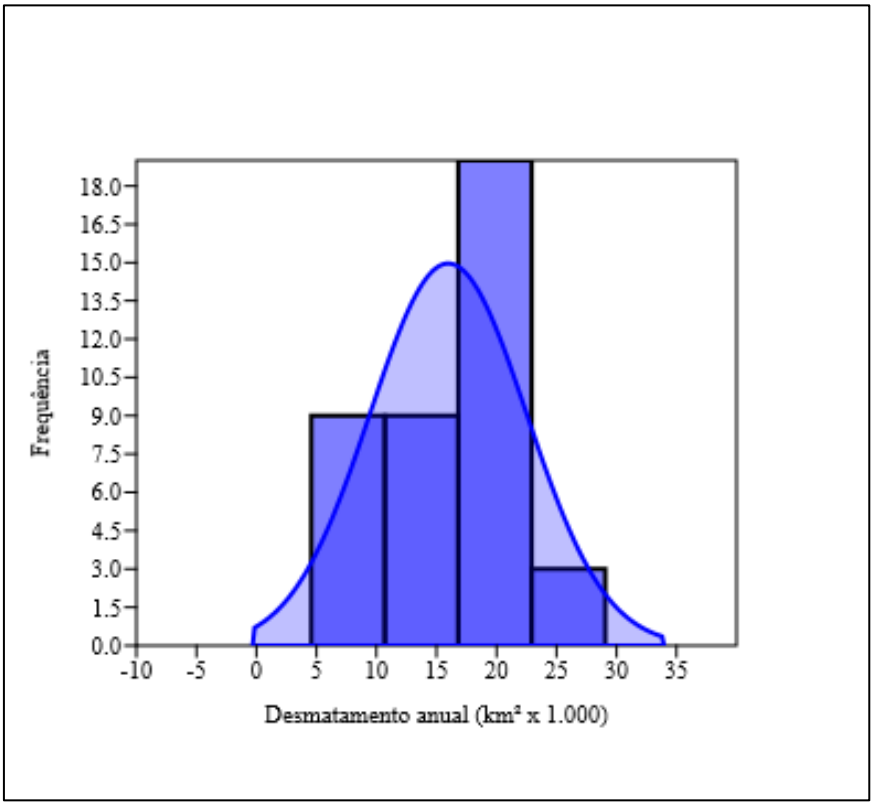
Para o cálculo das projeções de compensação econômica no cenário de desmatamento líquido zero na Amazônia Legal será necessário inferir sobre projeção de desmatamento e o incremento da taxa de produtividade da agropecuária ao longo do período analisado. A partir desses dois valores inter-relacionados estimar-se-á os valores de compensação provenientes de renúncia econômica (CO) pela não expansão das áreas desmatadas e do potencial de créditos de carbono decorrentes do desmatamento evitado (REDD) no período analisado (2018-2050).

2.3.1. PROJEÇÕES PARA O DESMATAMENTO

A taxa determina a linha de base sobre a qual se calcula o desmatamento evitado, influenciando diretamente nas projeções de receita do modelo, tanto para efeito de cálculo da renúncia (CO), quanto para a geração de crédito de carbono calculado a partir da Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) ocasionadas por Desmatamento e Degradação.

O desmatamento na Amazônia Legal oscilou em ciclos de maior e menor intensidade ao longo do período em que consta monitoramento sistemático por parte do governo federal (1977 a 2017). O intuito nesta sessão é estabelecer uma tendência considerada realista em termos de taxa de desmatamento para o período do estudo. A projeção do desmatamento terá como referenciais a (i) variação anual da área incrementada de desmatamento, e (ii) taxa de crescimento do desmatamento acumulado. A taxa de desmatamento acumulado apresenta-se invariavelmente positiva, como é de se esperar, no entanto a taxa de incremento anual apresenta-se com maior variabilidade entre valores positivos e negativos ao longo da série.

Figura 5: Histograma da área de desmatamento anual na Amazônia (1977 - 2017)

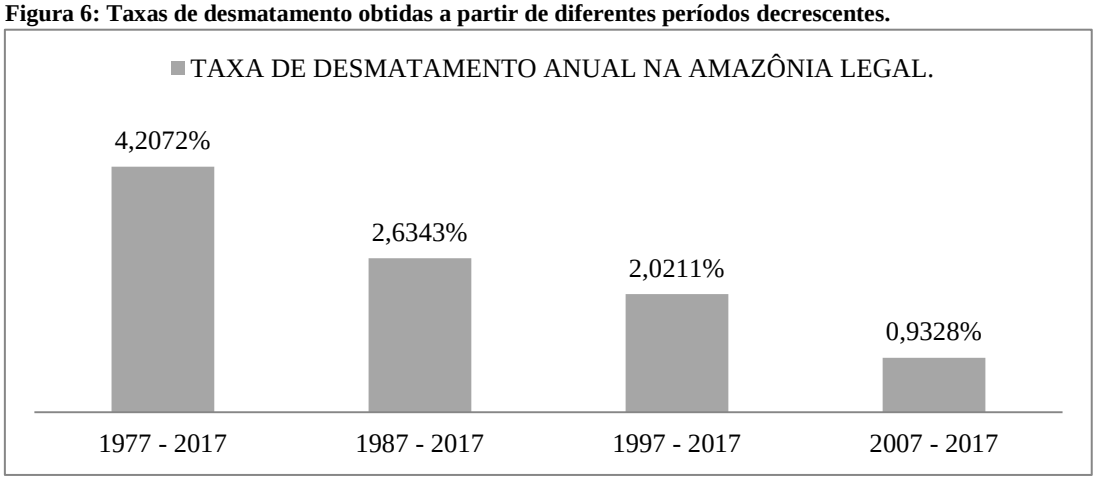


Fonte: Elaborado pela pesquisa, utilizando o programa PAST e dados do INPE (2018)

Em apenas 40 anos a área desmatada registrou um aumento de 520%, saindo de 152 mil km² em 1977 para 790 mil km² em 2017 (INPE). Evidentemente seria um despropósito aplicar a mesma taxa para fins de projeção, pois neste período ocorreram políticas de estímulos diretos ao desmatamento que atualmente não estão mais vigentes. Ainda assim, o cenário de desmatamento líquido zero somente será um cenário possível com elevado esforço político, institucional e econômico.

A taxa de incremento anual[27] do desmatamento na Amazônia, observando o período completo de monitoramento do desmatamento realizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (ANEXO 4) está calculada em 4,2% ao ano. Conforme pode ser observada na figura 6, a taxa anual de desmatamento acumulado diminui sempre que se retira uma década no período verificado. Tomando apenas o último período, taxa já se encontra estimada em 0,9328% ao ano.

Figura 6: Taxas de desmatamento obtidas a partir de diferentes períodos decrescentes.

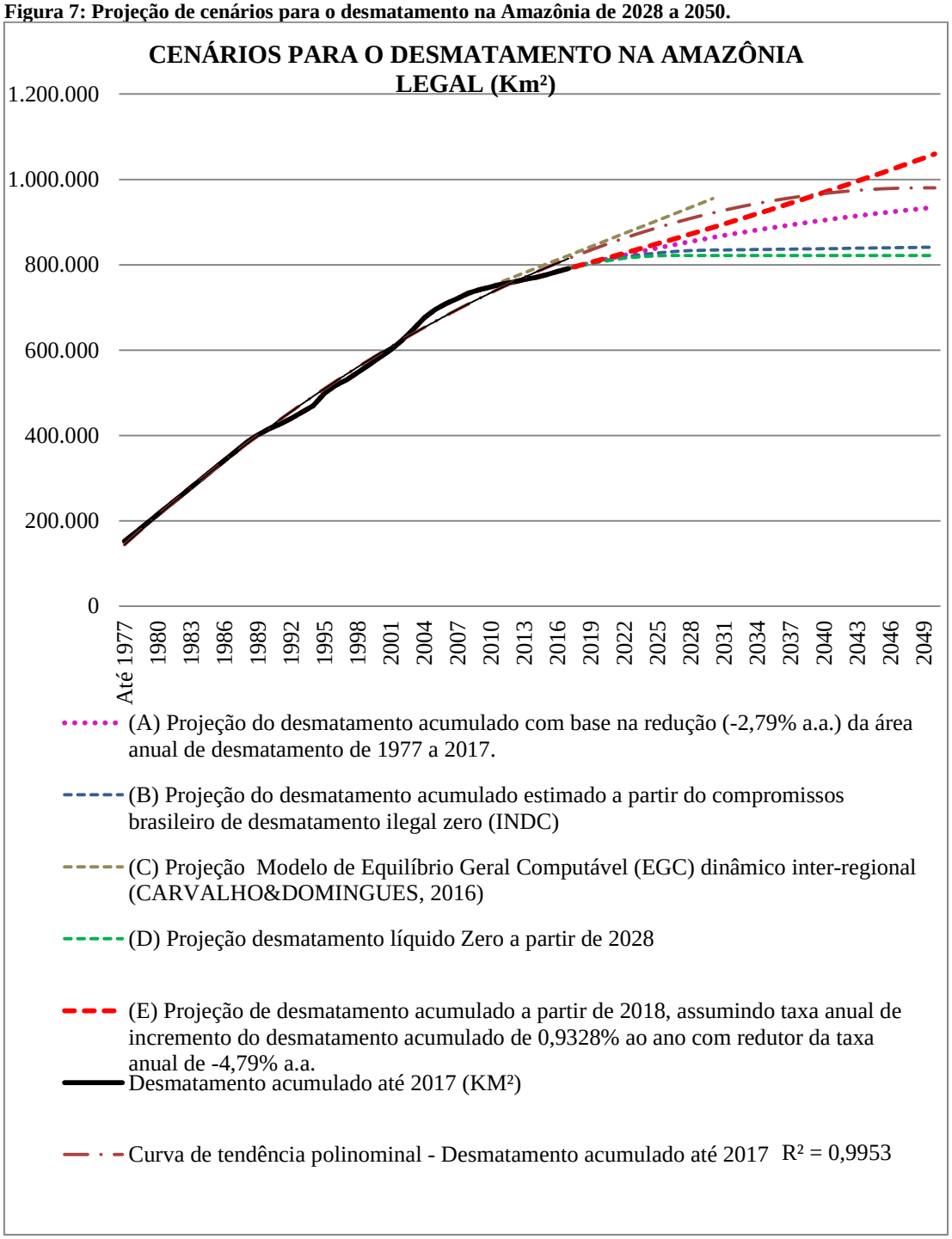


Fonte: Elaborado pela pesquisa a partir de dados do INPE.

A série de desmatamento anual também informa como se comportou o tamanho da área anualmente desmatada. De 21.050 km² (1977) reduziu de maneira não linear para 6.791 Km² (2017) em quarenta anos. Isso indica um incremento da área desmatada anualmente sob uma taxa de -2,79% (a.a.) ao longo do período. Na figura 7 estão desenhados, para enriquecimento da análise, cinco cenários com abordagens metodológicas distintas, incluindo as projeções estimadas a partir das metas formais do Brasil assumidas no âmbito do acordo de Paris (INDC) e o cenário apresentado por Carvalho & Domingues (2016).

[27] A fórmula da taxa anual é $Taxa_{Anual} = \left(\frac{Desmatamento_{final}}{Desmatamento_{inicial}}\right)^{\frac{1}{n}} - 1$

Figura 7: Projeção de cenários para o desmatamento na Amazônia de 2028 a 2050.



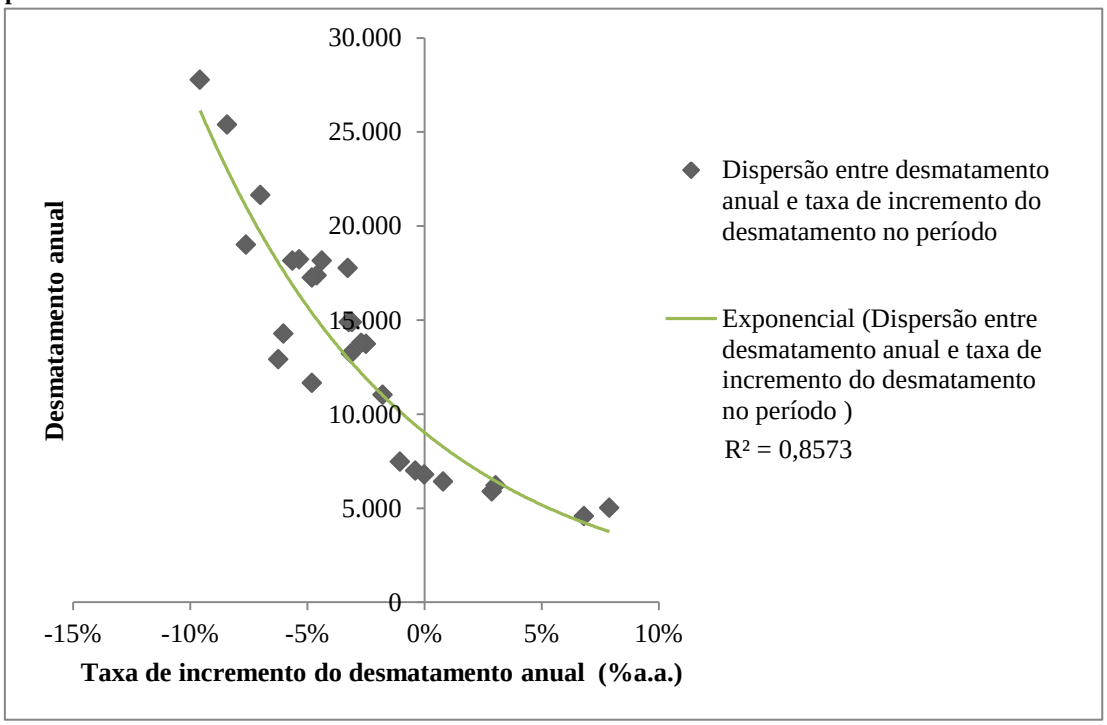
Fonte: Elaborado pela pesquisa a partir de dados do INPE; INDC – Contribuição Nacionalmente Determinado – ver em http://www.mma.gov.br/informma/item/10570-indc-contribui%C3%A7%C3%A3o-nacionalmente-determinada ; Carvalho & Rodrigues, 2016. Nota metodológica: a curva de tendência polinomial (1977-2017) é expressa equação y = -160,82x2 + 23515x + 120770; A curva ECG foi desenhada a partir da meta final de 2030, apresentada na publicação, como sendo de 245.500 km² de ampliação do desmatamento entre 2006 e 2030.

Curva (A)

Para construção da curva (A), identificou-se o comportamento do incremento anual do desmatamento no período da série para utilizar a mesma taxa na

projeção para o período de 2018 a 2050. Essa taxa captura a tendência de redução da área anual de desmatamento sem estar influenciada por volumes acumulados de desmatamento. Ainda que sua projeção desenhe uma curva natural a partir da série histórica, como a taxa de incremento para esse período é negativa gera uma projeção de desmatamento anual gradativamente menor para o futuro e por isso tem um viés, poder-se-ia supor, otimista, pois conforme pode ser observado na figura 8, a redução da área desmatada no ano, tende a ser acompanhada com aumentos na taxa de incremento do desmatamento no período subsequente. A partir de 6.418 km² de desmatamento (2011) a taxa de incremento já opera positivamente em 0,81% ao ano para o período de 2011 a 2014. Esse fenômeno pode ser interpretado como uma espécie de "fadiga" do sistema de combate ao desmatamento para qual a taxa, possivelmente não decresce mais sem que algo novo seja feito.

Figura 8: Relação entre desmatamento anual e taxa anual de incremento do desmatamento anual no período.



Fonte: Elaborado pela pesquisa a partir de dados do INPE. Nota metodológica: (1) A taxa de incremento anual está calculada período a período de 1989 a 2017; 1990 a 2017; 1991 a 2017, sucessivamente até 2016 a 2017; (2) Os anos de 1977 a 1988 são apresentados pelo INPE como constantes e por isso foram retirados para confecção do gráfico de dispersão. Os anos de 1995 e 2016 foram retirados da série para favorecer a normalização dos dados.

Curva (B)

A curva de desmatamento ilegal zero até 2030 – curva (B) - foi calculada

com base compromisso assumido pelo Brasil (INDCs)[28] no âmbito dos acordos internacionais em torno das mudanças climáticas durante a Conferência das Partes COP de Paris (2015). A projeção assume o desmatamento ilegal como sendo de 95% de todo desmatamento de floresta Amazônica (Börner et al., 2010; Schmitt, 2015, Pag 85). Com esse dado, retirou-se uma porção uniforme de desmatamento até 2030 de modo que o desmatamento anual estabilizou em 5% dos números atuais (340 km² por ano). A equação utilizada foi:

$$D_{acumulado\ ano} = D_{acumulado\ ano\ anterior} + D_{anual\ ano\ anterior} - \frac{(D_{ano_{2017}} x 95\%)}{(2030 - 2017)}$$

Está equação foi aplicada para o período de 2017 a 2030 e de 2030 assumiu-se um incremento fixo referente a 5% do desmatamento legal sobre o desmatamento de 2017, conforme sugere o compromisso. Evidentemente esse cenário tem muitas possibilidades de sofrer alterações, a partir, por exemplo, da flexibilidade da própria meta. Não há garantias que o volume de desmatamento legalizado não aumente desproporcionalmente no mesmo período. Provavelmente, se o governo realmente perseguir a meta assumida, haverá consequente pressão por desmatar pela via da legalidade. Portanto, é um desafio estimar a taxa de redução efetiva do desmatamento legal zero, nos moldes do compromisso assumido pelo Brasil no âmbito das negociações internacionais em torno do clima. Nesse sentido, a projeção é meramente uma interpretação.

Curva (C)

A projeção do Modelo de Equilíbrio Geral Computável (EGC), apresentado na curva (C) aplicada por Carvalho & Domingues (2016) apresenta um método de projeção para o desmatamento nas mesorregiões da Amazônia Legal, resultado de fatores econômicos e de condicionantes estruturais da região com uma especificação para a ocupação do solo. Os resultados das análises apontam para um desmatamento adicional entre 2006 e 2030 de 245.500 km² na Amazônia Legal para implantação de lavoura (55.800 km²), pasto (152.000.000 km²) e plantação de florestas (37.700 km²). Com base nestes resultados, utilizou-se a seguinte equação para estimar a projeção do modelo:

[28] A Contribuição Nacionalmente Determinada (INDC, na sigla em inglês) é o documento do governo brasileiro que registra os principais compromissos e contribuições Brasil para o futuro acordo climático que será negociado e aprovado no fim do ano, em Paris.

$$D_{acumulado\ ano} = \frac{D_{acumulado\ projetado\ (2030)} - D_{acumulado\ (2007)}}{(2030 - 2007)} + \ D_{acumulado\ ano\ anterior}$$

Curva (D)

O desmatamento líquido zero (DLZ) – curva (D) – assume uma redução linear do desmatamento com base no incremento de 2017 (6.791 km²), a partir de 2018 até atingir a estabilidade zero de 2028 em diante. A projeção do cenário DLZ será a base para analisar a racionalidade econômica do sistema de compensação e sua viabilidade financeira. A formulação está apresentada no item 3 do quadro 1.

Curva (E)

A curva (E) estabelece uma correlação entre duas taxas: a taxa de incremento anual do desmatamento acumulado (0,9328% a.a.) e a taxa de incremento da área anualmente desmatada (-4,79% a.a.), ambas para o período de 2007 a 2017. A fórmula está apresentada na tabela 3 na sessão *Dados, medidas e método*. A escolha por esse período se deu em razão de que o perfil de desmatamento para o futuro provavelmente terá mais similaridade com padrão desses anos do que de anos interiores, considerando as (i) mudanças no contexto institucional, (ii) o estabelecimento de um novo padrão de desmatamento e a (iii) impopularidade de iniciativas que promovem a perda de biodiversidade.

Segundo publicação do GTDZ "sem controle, a taxa de desmatamento poderá atingir patamares anuais entre 9.391 km2 e 13.789 km2 até 2027, se mantida a mesma relação histórica entre rebanho bovino e área total desmatada (...)" (GTDZ, 2017, P. 5). Tal projeção, indexada a ampliação do rebanho bovino, resulta mais agressiva do que os cenários (A) e (E), que estimam para este ano o desmatamento em 5.118 km² e 7.609 km², respectivamente.

BARBOSA et al (2015, p.105), no que denominou cenário tendencial estimou que o desmatamento até 2030 ocorreria na mesma média dos anos entre 2011 e 2014, o que significa uma projeção linear de 5.473 km² por ano. Aparentemente trata-se de uma taxa subestimada, obtida por uma média simples a partir de uma série de apenas três anos, com o agravo de este período representar as menores taxas históricas de toda a série. A percepção de subestimação fica comprovada pelo desmatamento de 2015 e 2016 que foi 13,4% e 44,2% superior, respectivamente à média desta projeção.

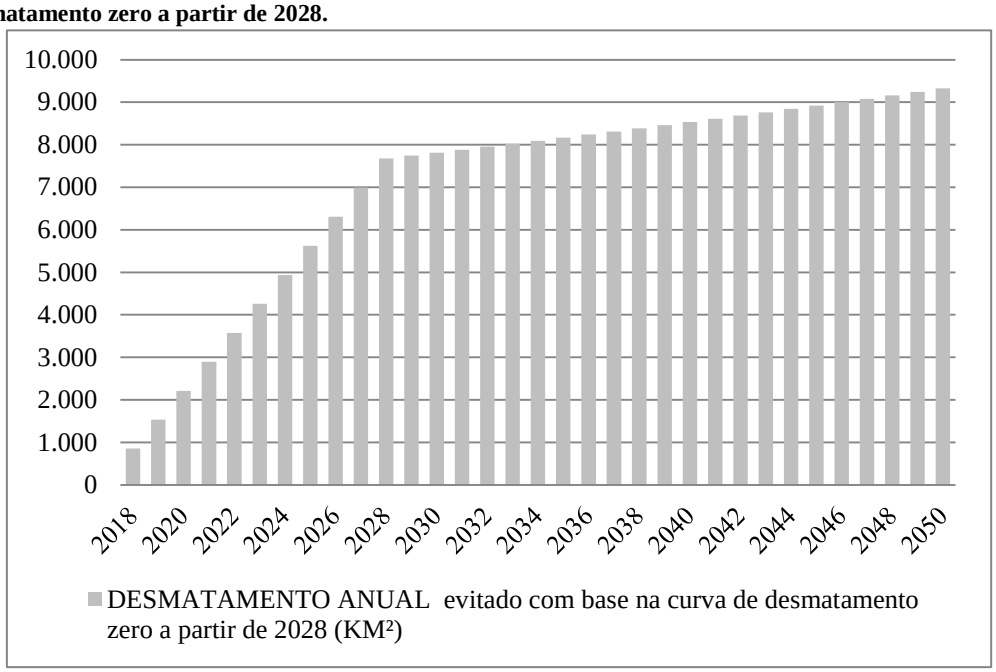
Projeções realizadas por Soares-Filho et al. (2005), seguindo um modelo de simulação espacial de desmatamento na Amazônica, sensível a diferentes cenários de políticas públicas frente à expansão da infraestrutura de transporte na região, apontaram para um desmatamento anual na ordem de 15 mil km² em 2015 considerando o cenário de melhor governança do modelo. Segundo esse modelo, o desmatamento somente chagaria nos patamares de hoje em 2050, comprovando-se sobrestimado.

A combinação das taxas - curva (E) – possivelmente é uma opção equilibrada de escolha para a projeção do desmatamento. Enquanto a taxa de incremento do desmatamento acumulado tem variação de menor amplitude e positiva entre o período de 2007 a 2017, a taxa anual de incremento é negativa, fazendo o papel de redutor do incremento anual, tornando-a mais conservadora. Sendo assim, para efeitos de cálculos da compensação apresentada nesta pesquisa, será utilizada a taxa que desenha a curva (E) da figura 7*,* que projeta um desmatamento acumulado no cenário Desmatamento como Sempre (DcS) de 1.059.355 km² até 2050, o que equivale a cerca de 30% o total de florestas na Amazônia Legal.

Este cenário reconhece a natureza cíclica da pressão sobre as florestas como contraponto a forte redução do desmatamento anual na última década. Nesse sentido, entende-se que existe uma crescente pressão popular nacional e internacional para reduzir o desmatamento, mas não há no cenário atual evidências de mudanças estruturais significativas no contexto econômico e institucional em favor da conservação, que motive a projeção para um declínio mais acentuado do que já foi conquistado nos últimos dez anos. Do ponto de vista estatístico, a série de desmatamento entre 2007 e 2017 apresenta um intervalo de confiança entre 5.826 km² e 9.048 Km² para uma significância 5%, podendo-se afirmar que com 95% de probabilidade estará entre esse intervalo de confiança. A curva (E) apresenta resultados dentro desse intervalo até 2046 (ver ANEXO 5).

Assumindo a projeção de desmatamento no cenário DcS, como sendo a curva (E), para o período de 2018 a 2050, estima-se que, o cenário DLZ, a partir de 2028, evitaria no período, a perda de 234.135 km² de florestas na Amazônia, conforme pode ser observado no somatório do desmatamento anual evitado na figura 9.

Figura 9: Desmatamento evitado com base na projeção da curva (E) de desmatamento no cenário de desmatamento zero a partir de 2028.



Fonte: Elaborado pela pesquisa a partir de dados do INPE.

2.3.2. PROJEÇÕES DO AUMENTO DA PRODUTIVIDADE DA AGROPECUÁRIA NA AMAZÔNIA LEGAL NO CENÁRIO DE DCS.

O crescimento da produtividade total de fatores (PTF) é a diferença entre a taxa efetiva de crescimento da produção e a taxa de crescimento relativa aos fatores produtivos. Quando analisada a agropecuária, o fator de produção mais comum na análise de produtividade é área de terra (Fornazier e Vieira Filho, 2013; Gasques *et al.*, 2004), justamente a análise em questão neste tópico. Segundo Fornazier & Vieira Filho (2013) a produtividade total dos fatores da agropecuária no Brasil, tem progredido a taxa de 2,51% ao ano para o período dos trinta anos anteriores. O relatório PROJEÇÕES DO AGRONEGÓCIO publicado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, afirma que o Brasil tem apresentado uma das maiores taxas de crescimento da produtividade agropecuária no mundo (Fuglie, K.; Wang, S. L.; Ball, E. apud RELATÓRIO DO AGRONEGÓCIO, 2017). Em publicação mais recente, atualizando o período de 30 anos, Gasques (2017) apresentou o crescimento da PTF da agropecuária no Brasil 3,5% ao ano. A taxa observada no Brasil é duas vezes maior do que a taxa calculada para o mundo, estimada por Ludena (2010, apud IPEA, 2013) como sendo de 1,75% ao ano para o

período de 1961 a 2007.

Segundo Fuglie (2010; apud IPEA, 2013) o crescimento da PTF agrícola no nordeste da América do Sul (principalmente o Brasil) cresceu, entre 1961 e 2007, a uma taxa de 1,87% (a.a.) enquanto nos Estados Unidos e Canadá o crescimento foi de 1,29% (a.a.) para o mesmo período. O estudo sobre a PTF na agropecuária realizado pela Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2011; apud IPEA, 2013) em diversas regiões do mundo identificou que esta taxa é decrescente nas economias desenvolvidas e crescente nos países em desenvolvimento. Nos países desenvolvidos, a produtividade reduziu de 1,48% (a.a.) no período 1961-2007 para 0,86% (a.a.) no período 2000-2007. Já nos países em desenvolvimento, a taxa de crescimento da PTF foi de 1,35% (a.a.) no período 1961-2007 para 1,98% (a.a.) no período 2000-2007. Como observa Gasques et al. (2012 apud IPEA, 2013), o Brasil destaca-se por apresentar uma taxa de crescimento da PTF de 3,63% (a.a.) no período 2000-2007, em face de uma taxa histórica de 1,87% (a.a.).

Segundo Barbosa et al (2015, P. 24), entre o período de 1987 a 2013 a produtividade da pecuária cresceu 56%, o que sugere um crescimento anual de 1,73% (a.a.). Os dados do CENSO AGROPECUÁRIO DO BRASIL[29] permite estimar o crescimento da produtividade da pecuária a uma taxa de 1,85% ao ano entre 1970 e 2006. A taxa de animais por hectares para o período passou de 0,5 animais/hectares para 0,98 em um período de 36 anos (tabela 14).

Tabela 14: Taxa de bovinos por hectare a partir de dados do CENSO AGROPECUÁRIO.

Ano	Área de pastagens (ha)	Bovinos (Animais)	Animais/ha
1970	154.138.592	78.562.250	0,5097
1975	165.652.250	101.673.753	0,6138
1980	174.499.641	118.085.872	0,6767
1985	179.188.431	128.041.757	0,7146
1995	177.700.472	153.058.275	0,8613
2006	172.333.073	169.900.049	0,9859

Fonte: Elaborado a partir de dados do IBGE, CENSOS AGROPECUÁRIOS - BRASIL - 1970/2006

Estratificando informações referentes à produção agrícola total, ano a ano e relativizando pela área plantada, também ano a ano, em uma série de 1977 a 2017 é

[29] Acessar relatório do MAPA – Estatísticas e Dados Básicos da Economia Agrícola, 2013; P.51 file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Estat%C3%ADsticas%20e%20Dados%20B%C3%A1sicos%20de%20Economia%20Agr%C3%ADcola%20-%20Outubro.pdf

possível, para os Estados da Amazônia Legal, estimar a taxa de crescimento da produtividade agrícola por Estado e pela Amazônia Legal. Os resultados estão apresentados na tabela 15.

Tabela 15: Taxa de crescimento da produtividade da agricultura no período de 1977 a 2017.

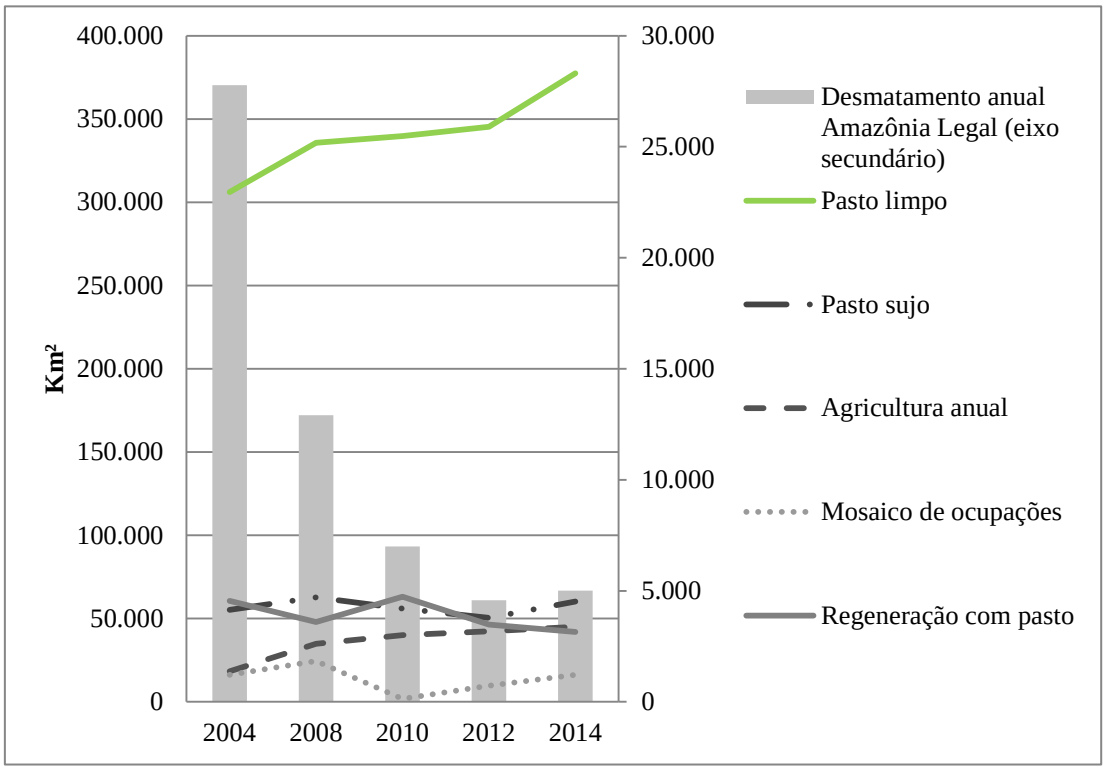
Unidade da Federação	Taxa de crescimento da produtividade da agricultura (Kg/hectare) - 1977-2017
RR	2,86%
RO	1,93%
AC	1,32%
AM	1,75%
AP	2,89%
PA	2,64%
TO	2,90%
MT	2,80%
MA	2,56%
Média Amazônia Legal	2,41%
Brasil	2,88%

Fonte: Elaborado a partir de dados da CONAB, 2017.

A análise dos dados de produtividade média da agropecuária por hectare desmatado de floresta Amazônica na Amazônia Legal (apresentado na tabela 13) apresentou como resultante no ano de 2015 o valor de R$ 1.105/hectare. Na mesma tabela é possível verificar que a taxa de produtividade teve uma variação positiva de 5,8% (a.a.) no período entre 2003 e 2015. Trata-se de uma média superior às médias verificadas em séries históricas e projeções baseadas no contexto de produção no Brasil e no mundo conforme apresentado pelos autores citados neste tópico. É provável, que estes bons índices de crescimento da produtividade tenham relação com a redução acentuada das taxas no período. Com o período imediatamente anterior, tendo sido muito intensivo em desmatamento, muitas áreas partiram de uma produtividade próxima a zero para nível padrão na região.

Dados do TERRACLASS informam que entre 2004 e 2014, a área de *agricultura anual* cresceu a uma taxa de 9,39% (a.a.); *pasto limpo* incrementou sua área em 2,12% (a.a.) e *regeneração com pasto* (espécie de pasto sujo) variou no período -3,6% (a.a.). O aumento de área para produção de agropecuária em razão de redução das áreas *sujas* ocorreu simultaneamente uma variação extraordinária de -15,74% (a.a.) no período. É possível visualizar o fenômeno de aumento de áreas produtivas concomitante com redução do desmatamento na figura 10. Este aspecto será explorado no tópico 2.3.3, onde se estimará a taxa de crescimento da produtividade no cenário de DLZ.

Figura 10: Variação do incremento anual do desmatamento na Amazônia Legal e a variação de classes de uso do solo.



Fonte: Elaborado a partir de dados INPE/TERRACLASS.

Barbosa et al (2015; p. 109) estimou que a produção de arrobas por hectare na Amazônia, no que denominou cenário tendencial, aumentará de 3,29 para 5,05 arrobas/hectare/ano na Amazônia, entre os anos de 2011 a 2030, prevendo para o período, um crescimento anual da produtividade de 2,28% ao ano. As projeções do Relatório Agronegócio do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para o Brasil, utilizando os modelos Passeio Aleatório (Random Walk), Box & Jenkins (Arima) e Modelo de Espaço de Estados, estimam um crescimento da safra de grãos na ordem de 24,2% entre 2016/2017 e 2026/2027. O crescimento da safra corresponde a uma taxa anual de crescimento de 2,6% ao ano para o período. No período, a área plantada deve aumentar 17,3% entre 2016/2017 e 2026/2027 o que corresponde a um crescimento de 1,5% ao ano (MAPA-Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2017). A diferença entre o crescimento da produção (2,6% a.a.) e o crescimento da área plantada (1,5% a.a.) indica que a produtividade da agropecuária deve aumentar a uma taxa de 1,1% ao ano para o período.

A tabela 16, elaborada a partir da publicação “Opções de Mitigação de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil” (SOARES FILHO et al., 2017),

apresenta o cenário de aumento da produtividade das principais culturas no Brasil para 2035 e 2050. Com base nas taxas por tipo de cultura está calculada a taxa de crescimento da produtividade para o setor agrícola relativa aos dois períodos.

Tabela 16: Projeção de produtividade por cultura (ton/hectare) e taxa de crescimento da produtividade por períodos.

Cultura	2012	2035	2050	Taxa 2012/2035	Taxa 2012/2050	Taxa 2035/2050
Algodão	3,6	5,7	6,8	2,02%	1,69%	1,18%
Arroz	4,8	6,6	7,7	1,39%	1,25%	1,03%
Banana	10,1	18,6	22,6	2,69%	2,14%	1,31%
Cacau	0,4	0,5	0,6	0,97%	1,07%	1,22%
Café	1,4	2	2,3	1,56%	1,31%	0,94%
Cana	74,3	88,1	96,7	0,74%	0,70%	0,62%
Feijão	1,1	1,6	1,9	1,64%	1,45%	1,15%
Fumo	2	2,5	2,8	0,97%	0,89%	0,76%
Laranja	24,7	29,4	34,7	0,76%	0,90%	1,11%
Mandioca	13,6	16,6	18,1	0,87%	0,76%	0,58%
Milho	5	7,5	9,4	1,78%	1,68%	1,52%
Soja	2,6	3,8	4,5	1,66%	1,45%	1,13%
Trigo	2,3	4	5,8	2,44%	2,46%	2,51%
Taxa média				1,50%	1,37%	1,16%

Fonte: Elaborado a partir das projeções do cenário de referência no documento "Opções de Mitigação de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil" (SOARES FILHO, 2018).

A projeção de aumento da produtividade na tabela 16 aponta para um crescimento da produtividade do conjunto na ordem de 1,5% ao ano para o período entre 2012 a 2035; 1,37% ao ano para o período de 2012 a 2050. A taxa mais baixa de crescimento, 1,16% ao ano, refere-se ao período de 2035 a 2050. Essa informação indica um viés de decaimento para a taxa de produtividade da agricultura no Brasil.

A escolha da taxa de crescimento da produtividade para agropecuária neste estudo será a partir de projeções de Barbosa Alvim et al., (2015) e Soares Filho et al., (2017) para a pecuária - 2,28% ao ano - e agricultura - 1,5% ao ano - respectivamente. Como será escolhida uma taxa apenas, a opção será estabelecer pesos referentes a participação da pecuária e da agricultura no VBP da agropecuária na Amazônia. A pecuária representa, aproximadamente, 40% e a agricultura 60% da formação do VBP da agropecuária na Amazônia Legal (IBGE, 2015), portanto ambas a taxas serão ponderadas por suas respectivas participações. O resultado é uma taxa de crescimento da produtividade da agropecuária para Amazônia Legal de 1,8% (a.a) até 2050, que servirá como referência para projetar a compensação no cenário DLZ a partir de 2028.

Do ponto de vista formal, trata-se de uma taxa conservadora quando comparada com as taxas históricas do Brasil obtidas a partir de dados do IBGE e CONAB. Do ponto de vista analítico, provavelmente tem um viés igualmente conservador, principalmente pela combinação de dois fatores: (i) a baixa produtividade média na região e (ii) a integração tecnológica, institucional e financeira com o sistema do agronegócio brasileiro, o que permitiria a formação de uma espécie de plataforma de transferência de produtividade.

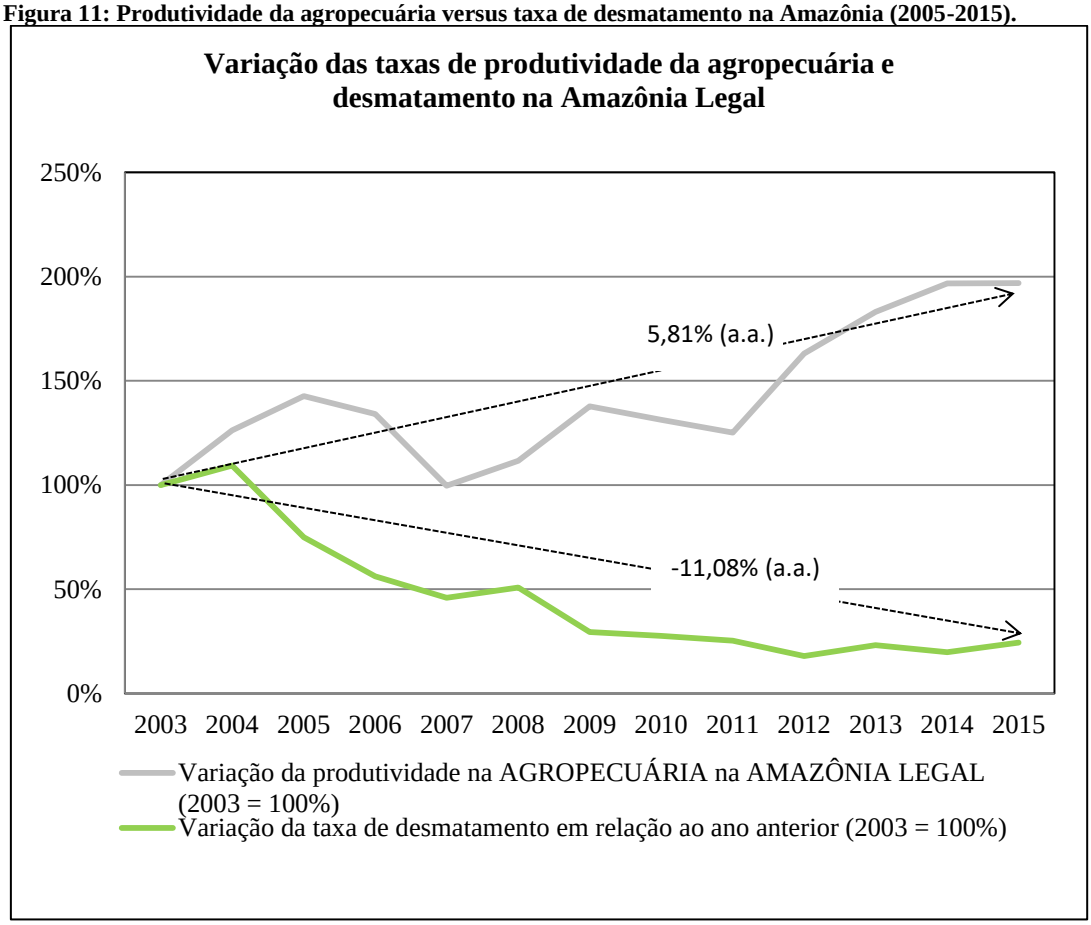
2.3.3. PROJEÇÕES DO AUMENTO DA PRODUTIVIDADE DA AGROPECUÁRIA NA AMAZÔNIA LEGAL NO CENÁRIO DE DLZ.

Definida a taxa de crescimento da produtividade no cenário de DcS, para efeito comparativo da viabilidade econômica, será necessário projetar uma taxa de crescimento da produtividade da agropecuária no cenário DLZ. A produtividade do uso da terra é estimulada pela escassez de área. Como reação natural os agentes envolvidos na produção passam a concentrar-se no melhor aproveitamento dos demais fatores de produtividade sem limites de expansão (capital, tecnologia, trabalho). Em direção oposta, pode-se supor que facilidade para expansão da desestimula esforços de aumento de produtividade[30]. Certamente, este não é o único fator que determinará o aumento de produtividade, pois existem aspectos relacionados a disseminação tecnológica, infraestrutura, proximidade dos mercados consumidores entre outros.

Por outro lado, o aumento da escassez de áreas já transformadas para agropecuária também exerce influência sobre a valorização da terra, possibilitando um provável aumento da escala de financiamento por hectare disponível. Além da figura 10 (na sessão anterior), é possível visualizar o efeito de aumento de produtividade concomitante com redução do desmatamento, de fato ocorreu entre 2003 e 2015, como pode ser observado na figura 11.

[30] Daly e Farley (2004) tratam da percepção de mundo vazio e mundo cheio para fazer referência do ganho de bens econômicos em sacrifício de bens naturais. Essa percepção é tratada por outros autores para explicar por que alguns países são tão mais sensíveis e predispostos a inovações em ecoeficiência enquanto outros são mais relapsos, a depender de suas respectivas disponibilidades de ecossistemas conservados.

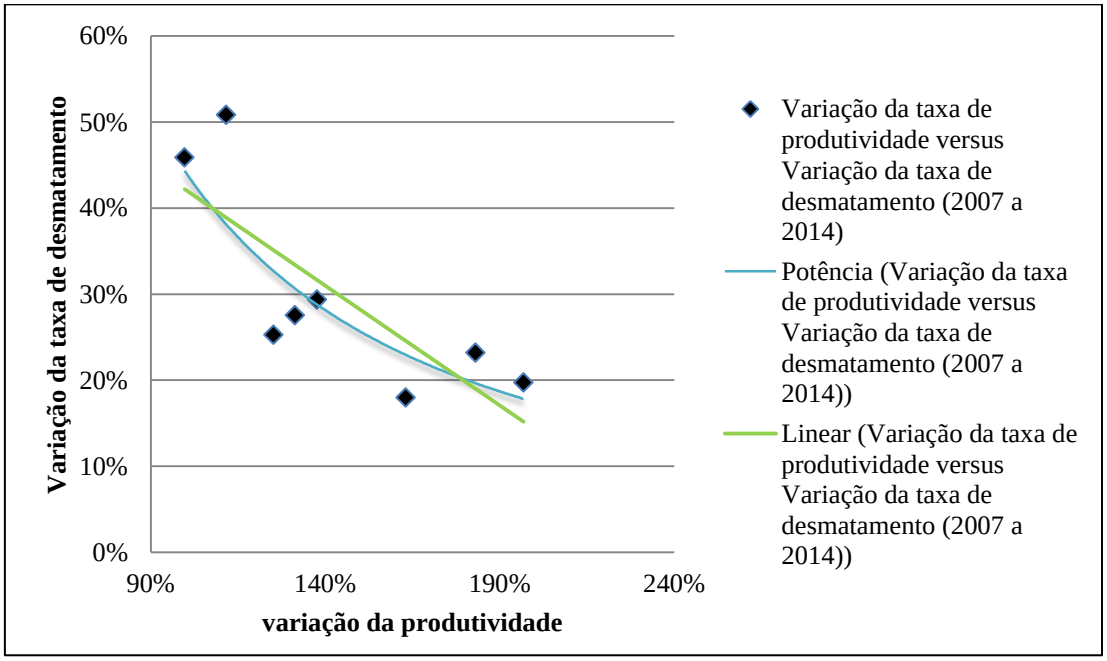
Figura 11: Produtividade da agropecuária versus taxa de desmatamento na Amazônia (2005-2015).



Fonte: Elaborado pela pesquisa a partir de dados do IBGE e INPE; Nota metodológica: A produtividade econômica por hectare na Amazônia Legal conforme apresentado na tabela 13 anual de desmatamento na Amazônia Legal - ano a ano, consolidados a partir dos valores de cada um dos Estados.

Para visualizar o comportamento da taxa de produtividade em relação a taxa de desmatamento, e estimar seu efeito para a projeção de desmatamento zero, está elaborado o gráfico de dispersão na figura 12. A função de aumento da produtividade em razão da redução de desmatamento determina uma tendência entre as variáveis que será aproveitada no esforço de projeção.

Figura 12: Gráfico de dispersão entre variação da taxa de produtividade e variação da taxa de desmatamento.



Fonte: Elaborado pela pesquisa com base nos dados do INPE e IBGE. Nota metodológica: (i) A curva linear é definida pela equação $y = -0{,}278 \times x + 0{,}6989$; (ii) A curva potencial é definida pela equação $y = 0{,}4416 \times x^{-1{,}338}$; (iii) Os dados brutos da taxa de desmatamento e produtividade pode ser visto no anexo 3.

Na série de dados da figura 12, a relação entre aumento de produtividade e redução do desmatamento fica evidente. Para o desmatamento zero, a taxa de produtividade tende a uma elevação linear de 251% e potencial de 500%. A série de 2007 a 2014 foi escolhida por determinar os melhores valores de R^2 quando projetada as curvas de tendências ($R^2 = 0{,}6303$ para a curva linear e $R^2 = 0{,}7321$ para a curva potencial).

Na tabela 17 está apresentada a apuração do efeito desmatamento zero sobre a taxa de produtividade sob a ótica da curva de tendência linear e potencial, tomando como base a série de dados de 2007 a 2014. A ponderação das duas curvas combina um cenário com viés conservador e outro agressivo na formação da projeção do efeito restrição do desmatamento na taxa de produtividade. Os valores obtidos serão utilizados para obtenção do coeficiente de aumento a ser aplicado à taxa de produtividade da agropecuária no cenário de desmatamento zero (DLZ).

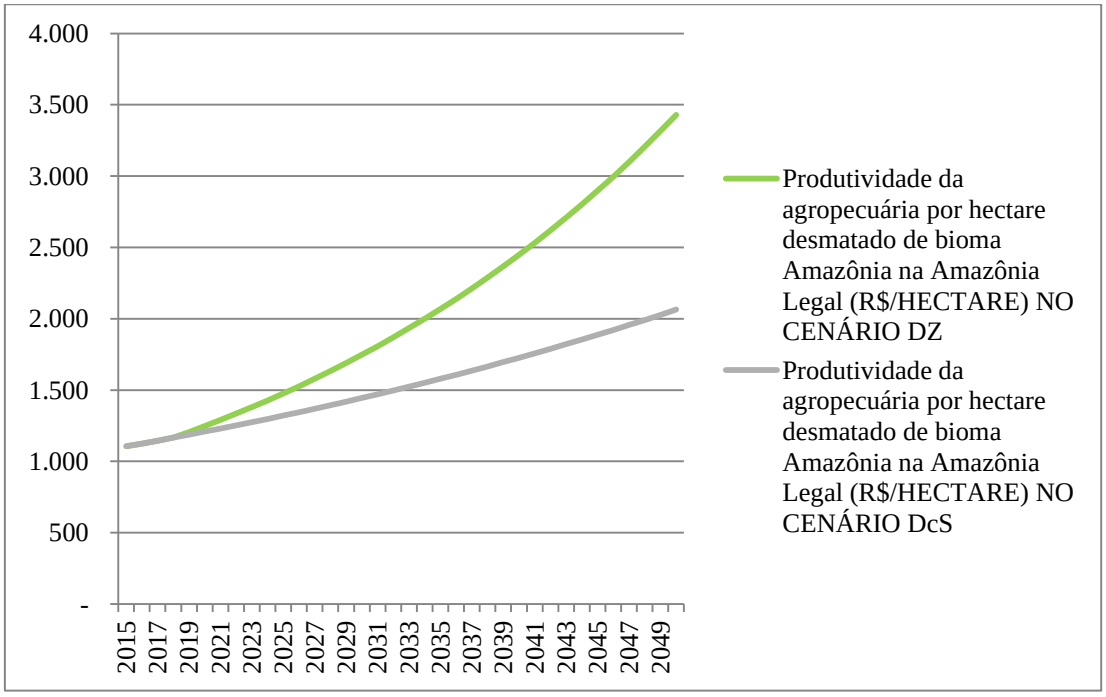
Tabela 17: Cálculo da taxa de crescimento da produtividade da agropecuária da Amazônia Legal no cenário de desmatamento zero (DLZ).

Variáveis	Função Potencial	Função Linear
Variação do desmatamento	0,01%	0%
Variação da produtividade com base em 2007	500%	251%
Produtividade em 2007	R$397	R$397
Produtividade no cenário de desmatamento DLZ	R$1.984	R$998
Produtividade em 2014	R$783	R$783
Coeficiente de aumento no cenário DLZ	2,329	1,2736
Coeficiente de aumento médio no cenário DLZ	1,9032	
Taxa crescimento da produtividade cenário DcS	1,80%	
Taxa de crescimento da produtividade cenário DLZ	3,43%	

Fonte: Elaborado pela pesquisa com base nos dados do INPE;IBGE; MAPA; CONAB; IPEA; BRITALDO et al (2017); BARBOSA et al (2015). Nota metodológica: (i) A variação com base em 2007 é calculada pela equação $y = -0{,}278 \times x + 0{,}6989$ (linear) e $y = 0{,}4416 \times x^{-1{,}338}$ (potencial); (ii) Produtividade de 2014 é a produtividade no cenário de DcS, portanto linha de base para identificar a diferença em relação a produtividade no caso de desmatamento zero, para as equações linear e potencial. Coeficiente de aumento é obtido pela relação entre produtividade de 2014 e produtividade projetada DLZ.

Com base nos cálculos da tabela 17, a taxa de crescimento da produtividade da agropecuária no cenário de desmatamento zero (DLZ) está estimada em 3,43% (a.a.), como resultante dos efeitos do coeficiente de aumento. Na figura 13 encontra-se projetada a evolução da produtividade da agropecuária por hectare desmatado sob efeito das taxas de crescimento nos cenários DcS e DLZ.

Figura 13: Evolução do crescimento da produtividade da agropecuária por hectare desmatado nos cenários DcS e DLZ.



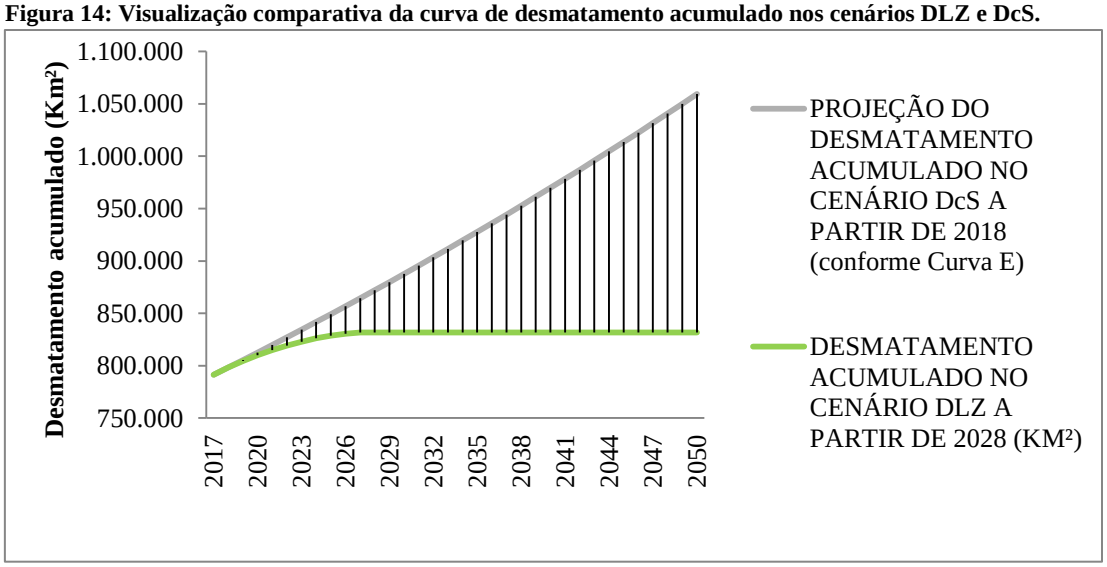
Fonte: Elaborado pela pesquisa com base nos dados do INPE; IBGE; MAPA; CONAB; IPEA; BRITALDO et al (2017); BARBOSA et al (2015).

No final da série de projeção de produtividade, o cenário DcS atinge em 2050 (valores correntes) produtividade de R$2.064/hectare e no cenário DLZ de R$3.430/hectare por ano (ver série completa no ANEXO 5). A diferença entre as taxas permite estimar a viabilidade econômica do DLZ na Amazônia (por meio do VPL do sistema de financiamento) a ser incorporado no capítulo IV desta pesquisa. Independente dos valores de compensação é possível, a partir de essa comparação visualizar o que pode ocorrer com a economia em termos de geração de valor total para ambos os cenários, Considerando o valor da compensação um investimento, estimar o Valor Presente Líquido (VPL) do sistema de compensação proposto desta pesquisa.

2.3.4. PROJEÇÕES DA COMPENSAÇÃO COM BASE NO VALOR DA RENÚNCIA (CO) ECONÔMICA DO SETOR AGROPECUÁRIO NA AMAZÔNIA LEGAL NO CENÁRIO DE DLZ.

A renúncia, conforme apresentado na sessão dados, medidas e métodos, é a produtividade da agropecuária econômica por área desmatada de floresta Amazônica na Amazônia Legal multiplicada pela área de desmatamento, ano a ano, até completar a série. O resultado depende da projeção de desmatamento e da projeção de aumento da produtividade, conforme tratado nos tópicos antecessores. Graficamente, a compensação, assim como o cálculo de créditos de carbono (apresentado na sessão seguinte), pode ser observada conforme a figura 14.

Figura 14: Visualização comparativa da curva de desmatamento acumulado nos cenários DLZ e DcS.



Fonte: Elaborado pela pesquisa com base nos dados do INPE.

A base de dados da projeção do desmatamento, de produtividade da agropecuária por hectare, ano a ano, e os resultados da compensação estão apresentados na tabela 18.

Tabela 18: Produtividade da agropecuária e projeção do desmatamento no cenário de desmatamento como sempre - DsC.

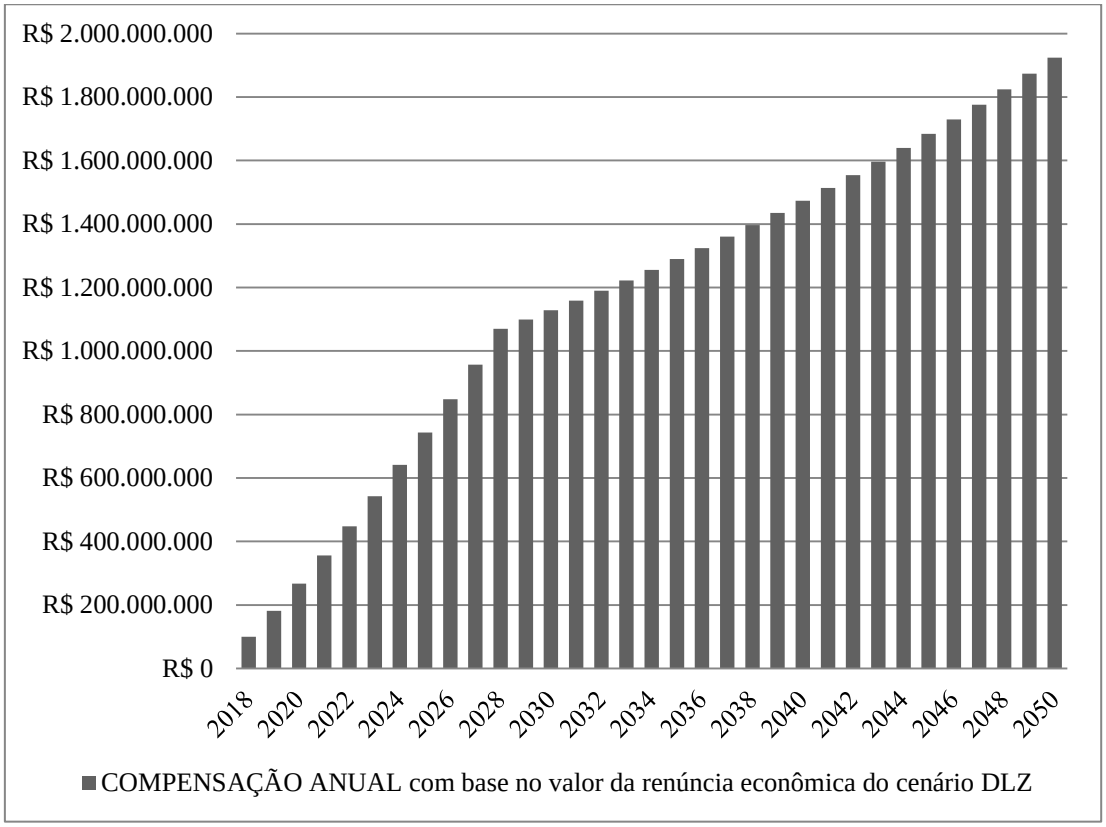
ANO	Produtividade da agropecuária por hectare desmatado de floresta Amazônica na Amazônia Legal (R$/HECTARE) NO CENÁRIO DcS	DESMATAMENTO ANUAL evitado com base na curva de desmatamento zero a partir de 2028 (KM²)	COMPENSAÇÃO ANUAL com base no valor da renúncia econômica do cenário DLZ
2018	1.165	854	99.532.351
2019	1.186	1.533	182.008.720
2020	1.208	2.214	267.488.961
2021	1.230	2.895	356.056.304
2022	1.252	3.576	447.796.048
2023	1.274	4.258	542.795.614
2024	1.297	4.941	641.144.594
2025	1.321	5.624	742.934.803
2026	1.344	6.308	848.260.328
2027	1.369	6.992	957.217.586
2028	1.393	7.677	1.069.905.377
2029	1.418	7.745	1.098.836.635
2030	1.444	7.814	1.128.550.222
2031	1.470	7.883	1.159.067.292
2032	1.496	7.953	1.190.409.573
2033	1.523	8.024	1.222.599.378
2034	1.551	8.095	1.255.659.627
2035	1.579	8.167	1.289.613.856
2036	1.607	8.240	1.324.486.240
2037	1.636	8.313	1.360.301.606
2038	1.665	8.387	1.397.085.454
2039	1.695	8.461	1.434.863.972
2040	1.726	8.536	1.473.664.057
2041	1.757	8.612	1.513.513.333
2042	1.789	8.689	1.554.440.172
2043	1.821	8.766	1.596.473.711
2044	1.854	8.844	1.639.643.877
2045	1.887	8.922	1.683.981.405
2046	1.921	9.001	1.729.517.862
2047	1.955	9.081	1.776.285.668
2048	1.991	9.162	1.824.318.120
2049	2.027	9.243	1.873.649.415
2050	2.063	9.325	1.924.314.675

Fonte: Elaborado pela pesquisa com base nos dados do INPE; IBGE; MAPA; CONAB; IPEA; BRITALDO et al (2017); BARBOSA et al (2015). Nota metodológica: Os valores estão apresentados a valores presente (2018).

A produtividade inicia em 2018 em R$1.165/hectare, pois o valor encontrado de R$1.105/hectare, apesar de atualizado para 2018, refere-se ao índice de 2015, portanto passível de receber o efeito de projeção de crescimento a taxa de 1,8% (a.a.), conforme apresentado no tópico referente à projeção de crescimento da

produtividade.

Figura 15: Compensação anual a partir da renúncia econômica de desmatamento zero na Amazônia Legal - 2028 a 2050.



Fonte: Elaborado pela pesquisa com base nos dados do INPE; IBGE; MAPA; CONAB; IPEA; BRITALDO et al (2017); BARBOSA et al (2015). Nota metodológica: Os valores estão apresentados a valores presente (2018).

Segundo os cálculos apresentados até aqui, assumindo a (i) taxa de desmatamento denominada curva (E), (ii) a produtividade da agropecuária de 1.105 reais por hectare desmatado do floresta Amazônica na Amazônia legal, (iii) taxa de crescimento da produtividade da agropecuária de 1,8% ao ano, o desmatamento acumulado projetado será de 234.135 Km² no período e o valor total a ser compensado, considerando o cenário DLZ entre 2028 e 2050, está estimado em R$ 38.606.416.852 (valores nominais de 2018), distribuído anualmente conforme figura 15.

2.3.5. PROJEÇÕES DA COMPENSAÇÃO PELO CRÉDITO DE CARBONO

A projeção do desmatamento evitado anualmente, considerando o cenário de desmatamento zero a partir de 2028, permite projetar a estimativa de emissões de GEE evitadas conforme quantidade de carbono fixada na biomassa florestal da

Amazônia. Higuchi (2015) apresentou resumo contendo os principais estudos de carbono fixado na biomassa de florestas tropicais, a qual se reproduz na tabela 19.

Tabela 19: Diferentes estimativas de estoques de biomassa seca acima dos solos, das árvores vivas com DAP ≥ 10,0 cm, de autores distintos.

REFERÊNCIA	REGIÃO	TIPOLOGIA FLORESTAL	BIOMASSA ACIMA DO SOLO (Ton/Hectare)
Higuchi *et al* (1994)	Sul do Pará	Flor. Terra Firme	185,3
Higuchi *et al* (1994)	Sul de Rondônia	Flor. Terra Firme	227,9
Fearnside (1996)	Amazônia	Flor. Tropical úmida	463,6
Heinsdijk (1958)	Amazônia	Flor. Terra Firme	337
Glerum (1960)	Amazônia	Flor. Terra Firme	221
Baker *et al.*(2004b)	Amazônia	Flor. Tropical úmida	332
Saatchi *et al* (2007)	Amazônia Central	Flor. Tropical úmida	350
Mazzei *et al.* (2010)	Amazônia	Flor. Tropical úmida	409,8
Bachini *et al* (2012)	América Latina	Flor. Tropical úmida	241
Mitchard *et al* (2014)	Amazônia	Flor. Tropical úmida	287
Higuchi, F. (2015)	Amazonas	Flor. Tropical úmida	292,7
INPA/ CADAF (2017)	Amazonas	Flor. Tropical úmida	344

Fonte: HIGUCHI, 2015; INPA, 2017. Nota: A pesquisa incluiu na última linha a média apresentada pelo autor (292,7).

A partir do peso da biomassa acima do solo, será necessário transformar primeiro em carbono e depois em carbono equivalente. Segundo Silva (2007) a correção entre biomassa seca e carbono se dá a uma razão de 0,485; Já para "transformar os resultados de carbono para dióxido de carbono equivalente ou créditos de carbono (CO_2eq.), basta multiplicar pela constante 3,6667 (...) este valor foi derivado das massas moleculares dos elementos que formam o dióxido de carbono (C e O)" (HIGUCHI, 2015; P. 147). Esta pesquisa terá como parâmetro o pelo Plano Nacional de Mudanças Climáticas que estabelece 100 tC/ha, correspondente a 367 tCO_2eq/ha (COMITÊ INTERMINISTERIAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA, 2008).

Os parâmetros de preço para créditos de carbono gerados por projetos de REDD apresentam-se de forma difusa no mercado. A sensibilidade ao preço é relativamente alta para o comprador de crédito, pois os mesmos tem o objetivo geral de compensar suas emissões ao menor custo possível. Conforme explicou Hamrick & Gallant (2017), especialmente no mercado voluntário, a disposição a pagar preços mais altos somente ocorre quando os projetos são considerados carismáticos com poder de gerar relações públicas para o comprador. As empresas podem comprar grandes volumes de compensações baratas para cobrir a maioria das emissões (por

exemplo, energia renovável ou eliminação de gás industrial), e um pequeno volume de compensações REDD+ relativamente mais caras com co-benefícios para maximizar efeitos de publicidade (HAMRICK & GALLANT, 2017; LAING et al., 2016).

Segundo Hamrick & Gallant (2017), o valor de mercado total das transações de créditos de carbono gerados pela metodologia de REDD, em de 2016 foi de US$ 191,3 milhões no ambiente de negócios voluntários. O volume acumulado de transações no mercado de carbono voluntário atingiu até 2016, 1,05 bilhões de tCO_2. Neste mercado, o preço médio pago pelas compensações estiveram em torno de US$ 3/tCO_2e. No entanto, os preços oscilaram entre de US$ 0,5/tCO_2e e US$ 50/tCO_2eq. A variabilidade do preço se dá em razão de co-benefícios dos projetos e da capacidade do projeto de oferecer maior visibilidade para a empresa (Laing, Taschini e Palmer, 2016).

Segundo Green (2017), o mercado de carbono no âmbito dos acordos internacionais (não voluntários) encontra-se com um viés mais ofertante. No mercado global regulado, a interconectividade a partir de 2008, entre UE-ETS[31], Protocolo de Kyoto, Califórnia e Mercado compartilhado de Quebec, provocou uma queda de € 25 a menos de € 10 por tonelada de CO2. O preço atual do crédito de carbono nesses mercados é negociado em torno de € 5 por tonelada (Green, 2017).

O Fundo Amazônia gerenciado pelo BNDES e apoiado por fundo Norueguês, estabelece como lastro a redução das emissões GEE provenientes do desmatamento e degradação na Amazônia[32]. Já captou cerca de 1,5 bilhões de reais em negociação realizada pelo Governo Federal do Brasil no âmbito dos eventos da COP (Conferência das Partes da ONU). Outro exemplo na atualidade é o programa de compensações mensurados a partir de redução de emissões de GEE implantado no Estado do Acre no âmbito do Sistema Estadual de Incentivos a Serviços Ambientais (SISA)[33] . Recentemente o Acre assinou contratos para realizar a proteção florestal e mitigação da mudança climática com o Ministério Federal Alemão para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (BMZ) e o Departamento de Negócios, Energia e

[31] European Union Emission Trading Scheme
[32] Ver site Fundo Amazônia – BNDES - http://www.fundoamazonia.gov.br/pt/como-apresentar-projetos/perguntas-frequentes/ (Acessado em 31/03/2018).
[33] Obtido no site http://imc.ac.gov.br/acre-assina-parceria-de-mais-de-r-115-milhoes-com-alemanha-e-reino-unido/ (acessado em 31/03/2018)

Estratégia Industrial do governo do Reino Unido (BEIS), totalizando mais de 115 milhões de reais. Ambos são baseados em compensações às emissões evitadas ocasionadas por desmatamento e degradação e com a parametrização de preços e volumes de créditos, conforme tabela 20.

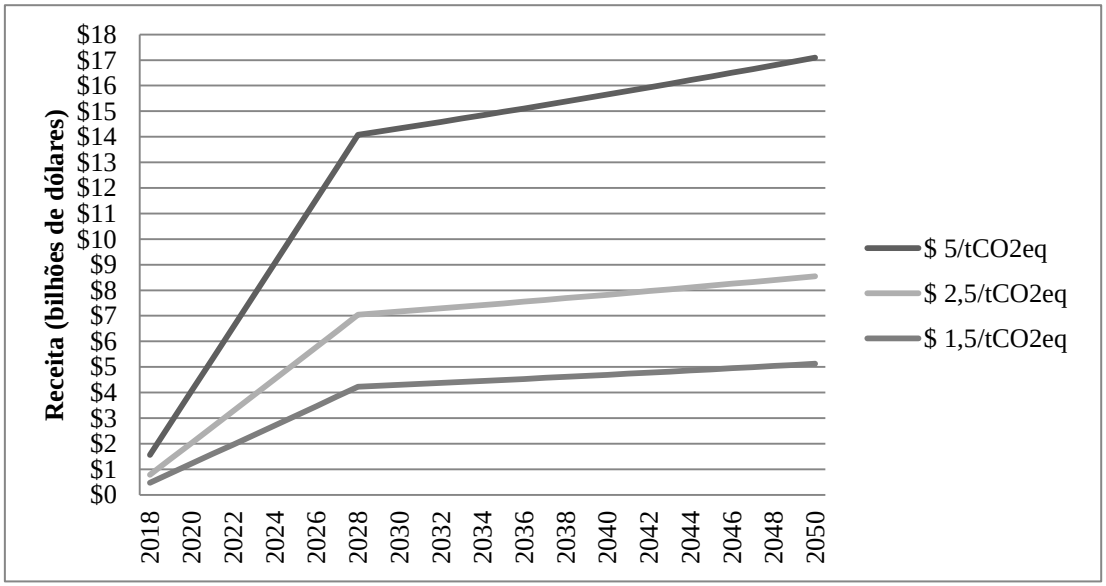
Tabela 20: Parâmetros de volume e preços para o crédito de carbono praticados no Fundo Amazônia e SISA.

PROGRAMA	Redução CO^2eq	Valor pago	Valor praticado
SISA - ACRE (1)	4.102.000	€16.000.000	€3,90
SISA - ACRE (2)	2.470.000	€9.000.000	€3,64
FUNDO AMAZÔNIA	228.413.465	$1.142.067.326	$5,00

Fonte: SISA (2015); BNDES (2017) - http://www.fundoamazonia.gov.br/pt/fundo-amazonia/doacoes/.

Os preços do crédito de carbono, no ambiente internacional de negociações formais variaram entre US$ 1-140/tCO_2eq., no entanto cerca de três quartos das transações estiveram abaixo do valor de US$ 10/tCO_2eq (WORLD BANK & ECOFYS, 2017). Com base em tais informações, este trabalho irá considerar três padrões de preço: 5, 2, e 1,5 dólares por tCO_2eq. Qualquer um desses valores está coerente com o que se vem praticando no mercado internacional de carbono (GREEN, 2017; WORLD BANK & ECOFYS, 2017). Com base nos valores estabelecidos para o crédito de carbono, o volume de carbono fixado por hectare de florestas e o tamanho da área de desmatamento evitado anualmente, está projetado na figura 16 o potencial de arrecadação anual por meio desse mecanismo financeiro.

Figura 16: Projeção de potencial receita com créditos de carbono no cenário de DLZ para o período de 2028 a 2050.



Fonte: Elaborado pela pesquisa com base em dados do IBGE, INPE, MMA, Green (2017). Valores correntes (2018).

Os volumes de recursos financeiros potenciais são expressivamente superiores ao valor da renúncia econômica da agropecuária. Em 2018 o potencial de arrecadação se inicia com 0,47; 0,78 e 1,57 bilhões de dólares, para o cenário de 1,5; 2,5 e 5 dólares por $tCO_2eq.$, respectivamente. Os valores evoluem, ano a ano, até atingir a cifra anual em 2050 de 5,13; 8,55 e 17,10 bilhões de dólares. Para os diferentes cenários de preço, o total arrecadado e de 128,78; 214,63 e 429,25 bilhões de dólares, respectivamente.

Estabelecida as metas de compensação segundo o modelo proposto, o capítulo III irá tratar de estudar aspectos da fonte de tal recurso com base em taxações sobre a energia.

3. CAPÍTULO III: FINANCIAMENTO DA COMPENSAÇÃO AMBIENTAL PELA TAXAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA E ANÁLISE DE VIABILIDADE.

No contexto de compensações ambientais, por uma questão de princípio de proporcionalidade na relação entre beneficiários e contribuintes, é adequado buscar o equilíbrio entre a difusão social dos danos ambientais potenciais e a amplitude da contribuição. A pergunta orientadora, neste caso, seria: A quem interessa, ou quem seria afetado pela perda de biodiversidade, serviços hídricos e equilíbrio climático, caso a tenhamos convertido a floresta Amazônica em pastagens e campos agrícolas? A estreita relação entre regime de chuvas, conservação florestal, suprimento de água para consumo, produção industrial, agricultura e geração de energia elétrica (A. D. Nobre, 2014), será considerada taxa (contribuição) sobre o consumo de energia como fonte de recursos financeiros para compensação econômica no cenário DLZ a partir de 2028.

A análise de viabilidade econômica será feita, estabelecendo uma gradação para a receita de recursos do exterior para compor os valores de compensação. Será calculada a partir do Valor Presente Líquido (VPL) do sistema de compensações, considerando a diferença na evolução VBP nos cenários DLZ e DcS para identificação do fluxo econômico, e o valor da compensação (com e sem créditos de carbono) como identificação do investimento. A gradação de recursos de fontes externas modifica o VPL, porque desconta dos investimentos nacionais.

3.1. TAXAÇÃO SOBRE ENERGIA.

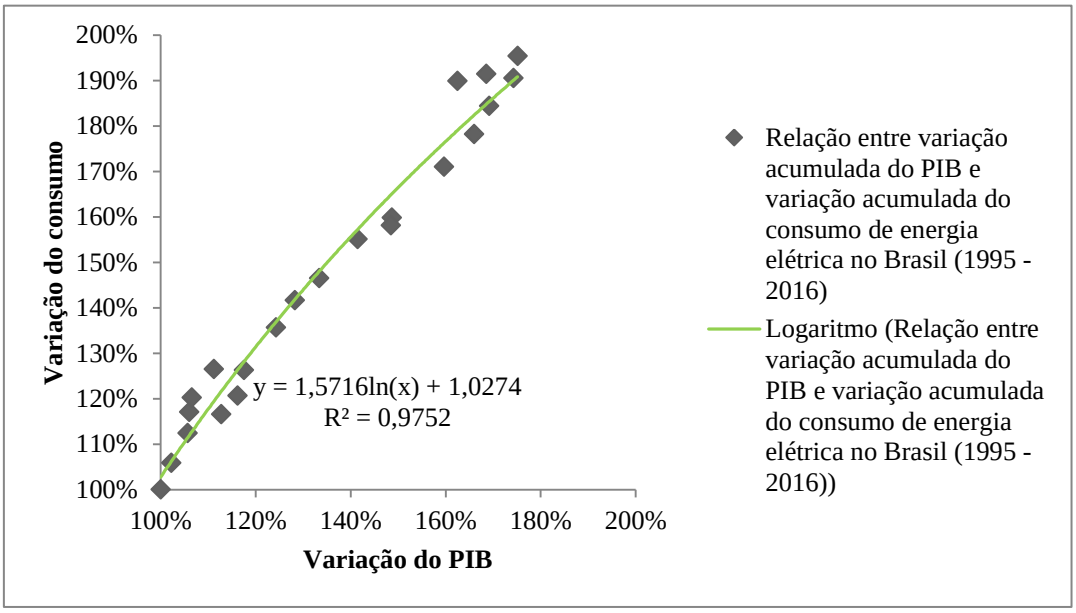
Os primeiros exercícios de taxação sobre consumo de energia, tanto para o valor da renúncia da agropecuária, quanto o valor da redução de emissões de GEE, considera o cenário de arrecadação exclusivamente interna no Brasil[34]. O objetivo é entender qual a taxação sobre o valor da energia que seria necessário para cobrir o financiamento da compensação no cenário de DLZ. As projeções de arrecadação e impacto sobre o valor pago pela energia no Brasil (2018-2050), em termos percentuais e absolutos depende de projeções sobre (i) crescimento do consumo de energia elétrica no Brasil (MWh/ano), (ii) valor médio da tarifa (R$/MWh) e (iii)

[34] Para o cálculo de VPL do sistema de financiamento, abordado na sessão *discussões,* serão considerados cenários de captação de recursos no exterior.

consumo médio por unidade de consumo (KWh/mês/unidade de consumo). Com tais variáveis definidas e projetadas é possível encontrar o (i) percentual da taxa sobre a cobrança de energia (ano a ano e média para o período) e (ii) impacto sobre a tarifa em valores absolutos.

O crescimento de energia elétrica está estreitamente relacionado ao crescimento do PIB. Evidentemente, que essa variação sofre alterações em razão da eficiência energética, redução de perdas e perfil da economia. A estreita relação pode ser observada na figura 17, onde está apresentado a variação do PIB e do consumo de energia no Brasil entre o período de 1966 a 2016.

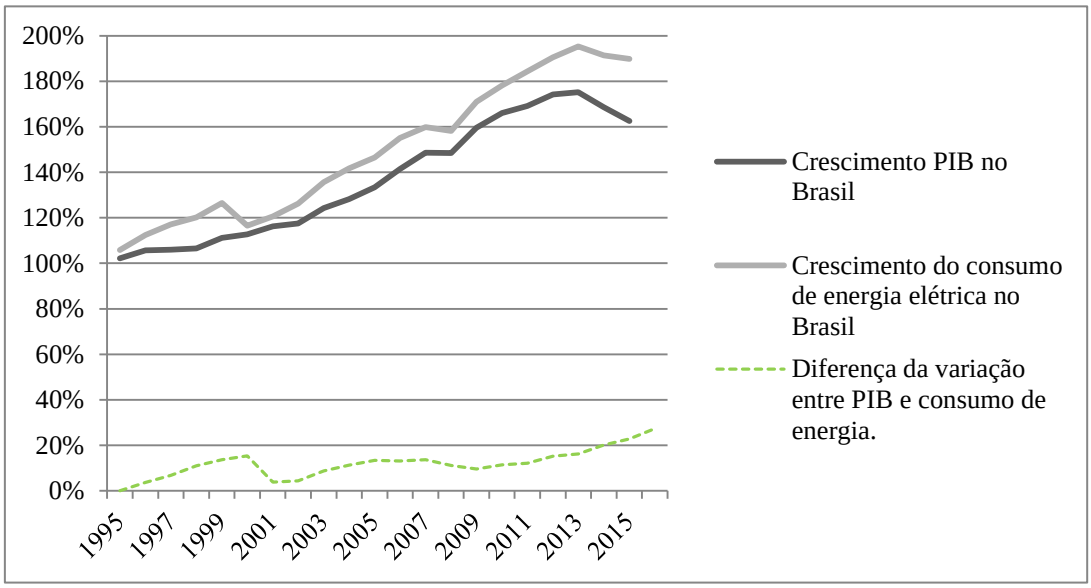
Figura 17: Relação entre a variação acumulada do PIB e variação acumulada do consumo de energia elétrica no Brasil.



Fonte: Elaboração própria com base nos dados IBGE (PIB) e EPE (energia elétrica).

A relação também pode ser observada em uma função linear entre as duas variações, conforme apresentado na figura 18.

Figura 18: Crescimento do PIB, crescimento do consumo de energia e elétrica e diferença entre crescimento.

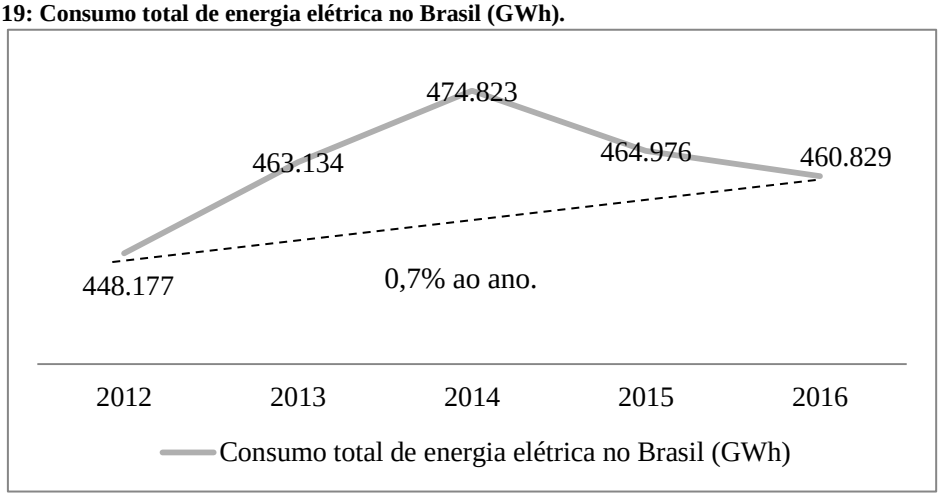


Fonte: Elaboração própria com base nos dados IBGE (PIB) e EPE (energia elétrica).

Neste gráfico é possível perceber que o Brasil vem perdendo eficiência de geração de energia em relação ao PIB. No final do período a diferença acumulada está em 27%. A taxa de crescimento para o período entre 1995 a 2016 foi de 2,34% (a.a.) para o PIB e 3,1% (a.a.) para o crescimento do consumo de energia elétrica. Essa diferença, possivelmente se deve a inclusão significativa de novos consumidores no sistema de geração nos últimos anos, mas pode representar uma importante dificuldade para o Brasil em termos de redução de emissões em relação ao crescimento do PIB, métrica presente nos acordos internacionais sobre emissões de GEE, da qual o país faz parte.

Observando a série de consumo de energia elétrica no Brasil entre 2012 e 2016 o crescimento anual foi de apenas 0,7% (a.a) no período. Conforme pode ser visto na figura 19 o consumo foi de 448.177 GWh em 2012 e atingiu 460.829 GWh em 2016, depois de ter estado no patamar de 474.823 MWh em 2014 (EPE, 2016).

Figura 19: Consumo total de energia elétrica no Brasil (GWh).



Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) - Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2016.

A tabela 13 apresenta as taxas encontradas nos relatórios oficiais sobre crescimento do consumo de energia elétrica no Brasil.

Tabela 21: Comparação entre taxas em diferentes séries históricas de consumo de energia no Brasil e projeção de crescimento até 2050.

Taxa de crescimento série 2012 - 2016 (a.a.) - EPE	0,70%
Taxa projetada pelo 2013-2050 (a.a.) - EPE/MME	3,20%
Taxa de crescimento série 1995-2016 (a.a.) - MME	3,10%

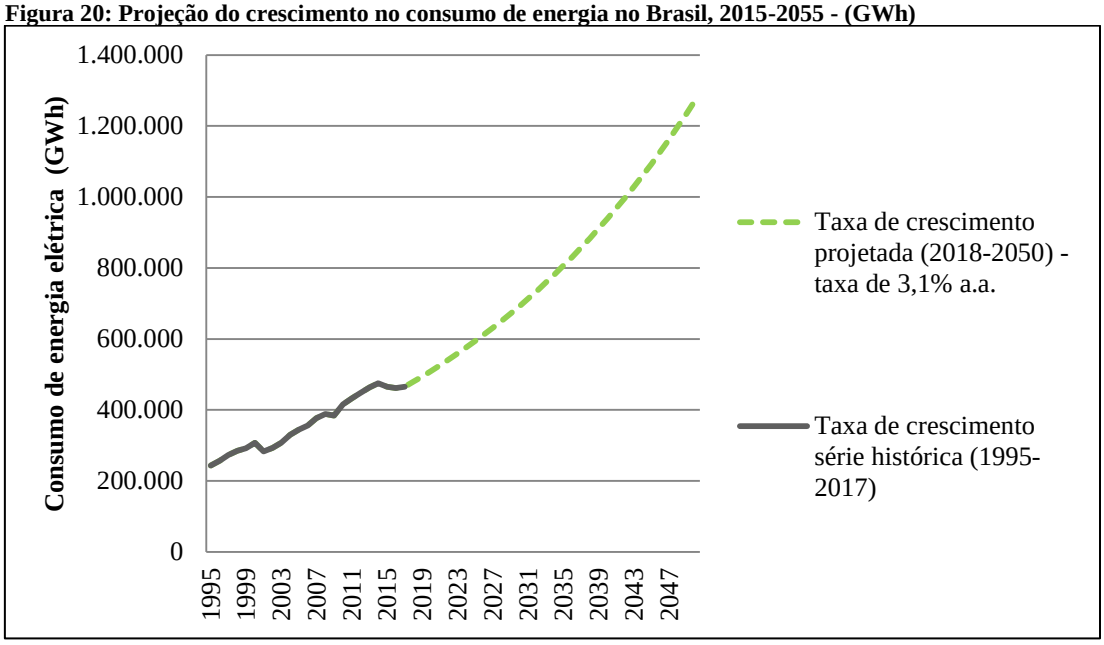
Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) - Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2016.

Projetar com base na taxa do período entre 2002 e 2016 não parece adequado, pois, conforme pode ser visto na série de 1995 a 2016, o que ocorreu neste período não é algo típico na economia. Para efeito de cálculos da representatividade percentual sobre a conta média no Brasil, o sistema de compensação proposto neste estudo irá utilizar a taxa histórica da série 1995-2016, de 3,1% ao ano até 2050 (conforme figura 20). A razão é que provavelmente a modelagem de projeção realizada pela Empresa de Pesquisa Energética do Brasil, feita em 2013 não foi capaz de prever a forte depressão que o Brasil passaria nos anos imediatamente subsequentes, e isso certamente influencia na taxa do período.

De qualquer forma não há a pretensão de ser preciso nesta projeção. A estimativa serve apenas à noção sobre a proporcionalidade entre a necessidade de arrecadação anual para compensação (pela renúncia econômica e pela redução de emissões) e o percentual a ser aplicado na cobrança sobre a energia em cada ponto de consumo. Esta escolha de taxa poderá ser alterada na medida de sua verificação anual e da confirmação ou não das projeções. Nesse sentido, a projeção aqui tem

caráter meramente aproximativo.

Figura 20: Projeção do crescimento no consumo de energia no Brasil, 2015-2055 - (GWh)

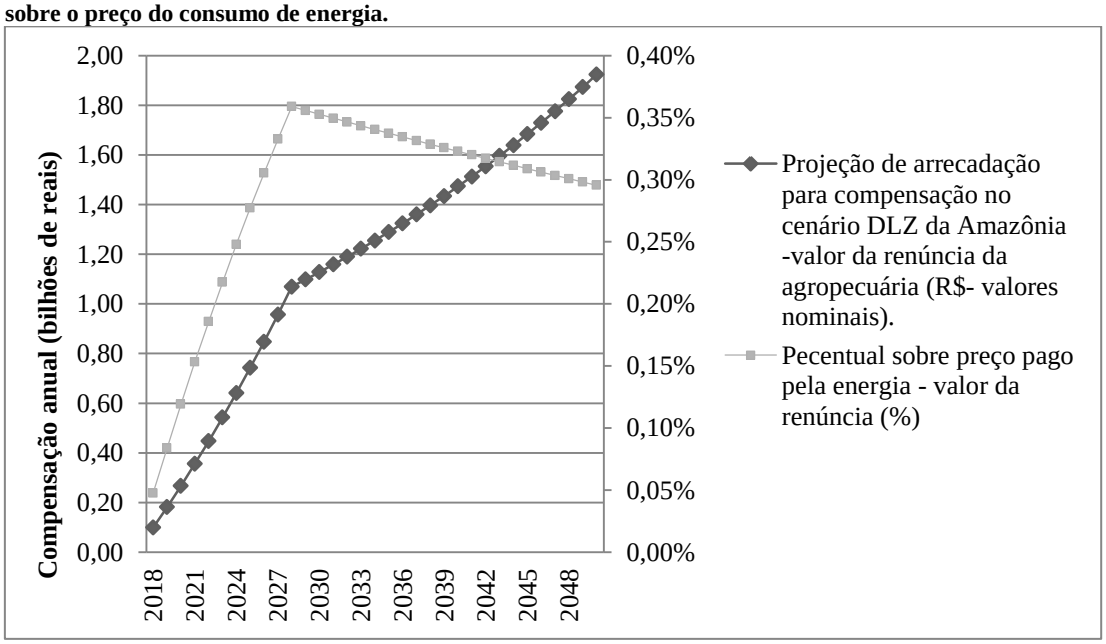


Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) - Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2016.

No período entre 2012 e 2016 a taxa de crescimento do preço pago pela energia no Brasil, descontada a inflação pelo IPCA foi de 1,41% (a.a.), saindo em cinco períodos de R$ 402,25/MWh para R$ 431,45/MWh. Trata-se de uma taxa de crescimento exacerbada e que não deveria servir a projeção, já que está calculada a partir de valores descontados de inflação. Provavelmente, esse aumento real de 1,41% (a.a.) no período se deve a custos financeiros extraordinários ocasionados por redução artificial dos preços da energia em 2014. Sendo assim, para o valor médio da tarifa cobrado, o sistema assume um crescimento anual real de 0,5% (a.a.) a partir de valores nominais de 2018.

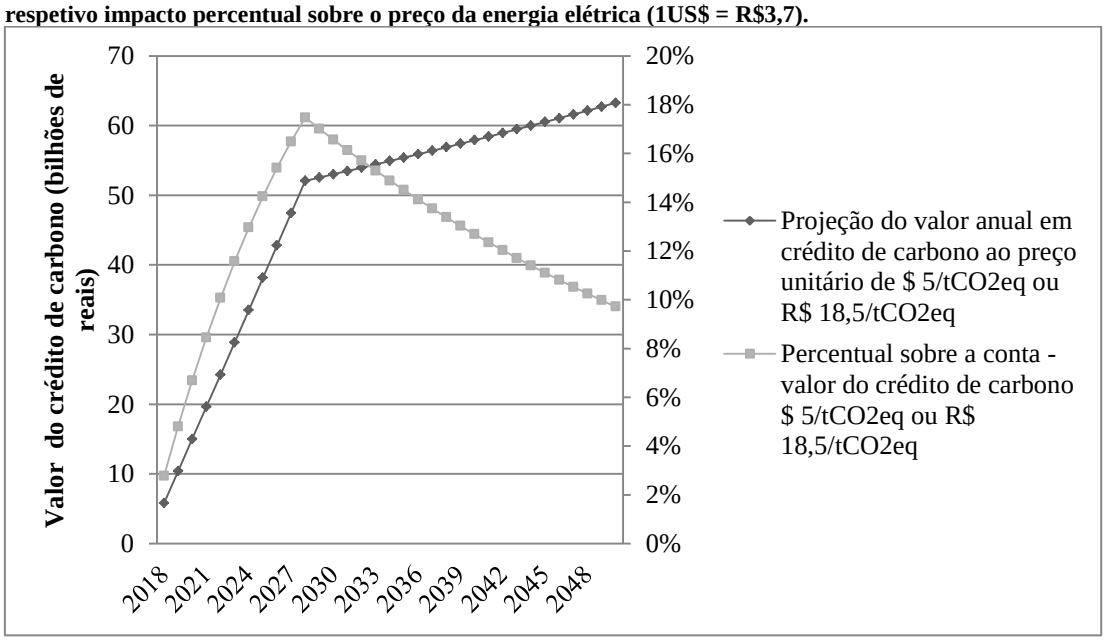
Os resultados podem ser vistos na figuras 21, 22, 23 e 24 referente a compensação pelo valor da renúncia econômica da agropecuária e referente ao valor dos créditos de carbono gerados pelas emissões evitadas ao preço de US$ 5-2,5-1,5/tCO2eq., respectivamente.

Figura 21: Projeção do valor da compensação econômica pela renúncia da agropecuária em relação a taxa sobre o preço do consumo de energia.



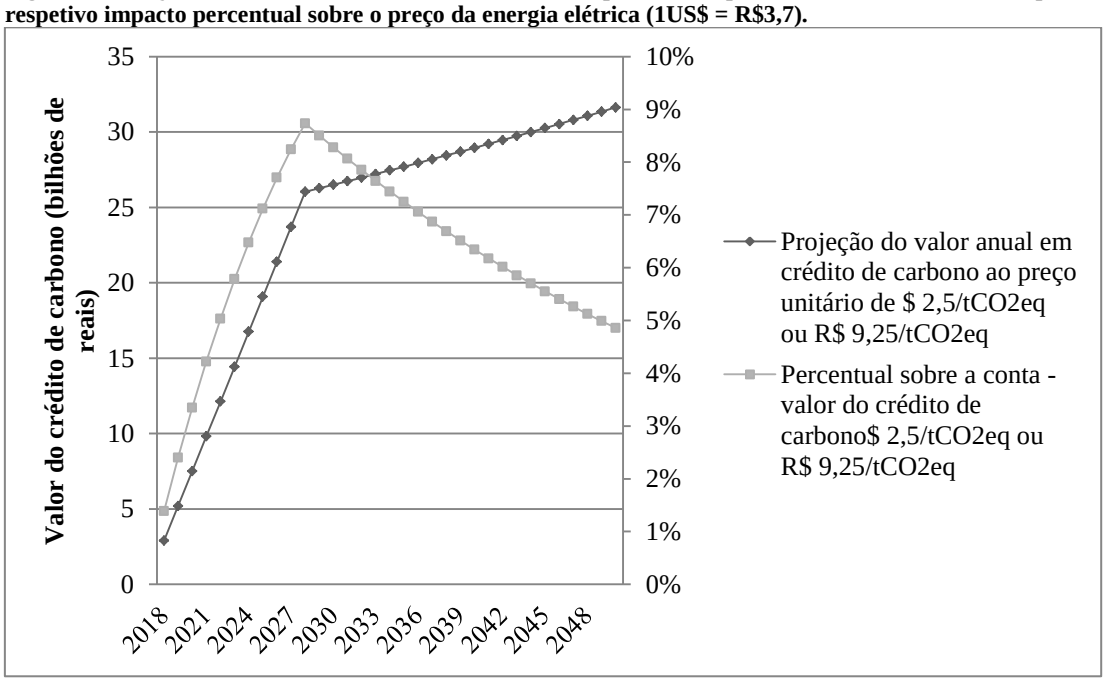
Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) - Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2016; assumindo as projeções apresentadas na sessão anterior. Valores nominais.

Figura 22: Projeções dos valores de créditos de carbono por ano ao preço unitário de $ 5/CO_2eq. e do respetivo impacto percentual sobre o preço da energia elétrica (1US$ = R$3,7).



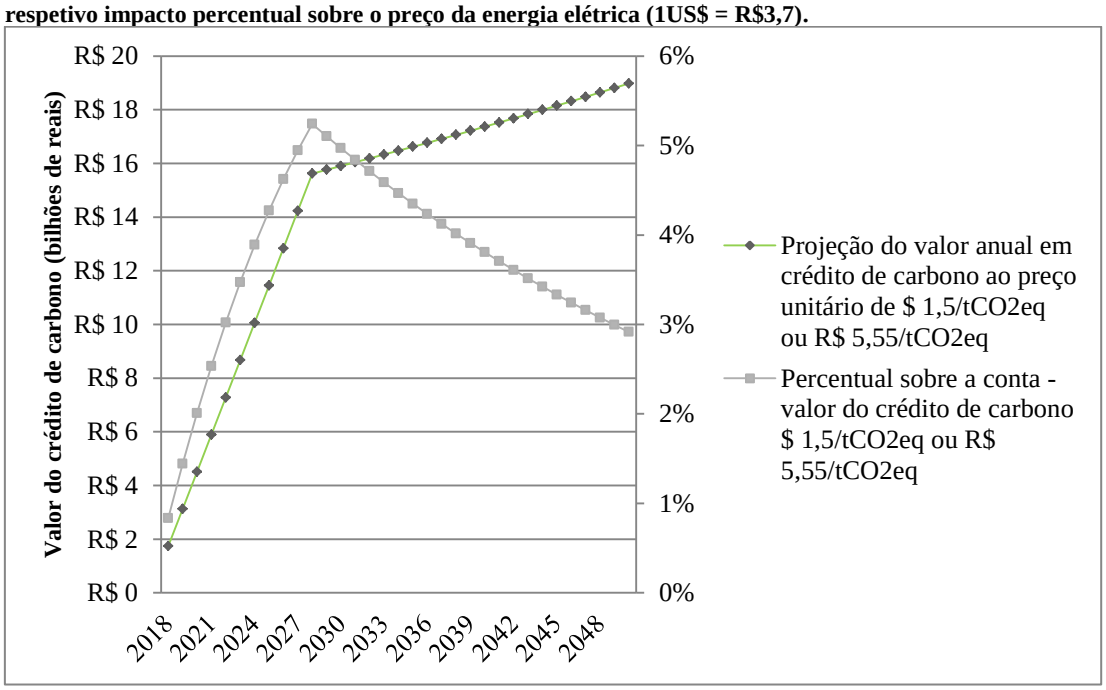
Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) - Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2016. Assumindo as projeções apresentadas na sessão anterior. Valores nominais.

Figura 23: Projeções dos valores de créditos de carbono por ano ao preço unitário de $ 2,5/CO_2eq. e do respetivo impacto percentual sobre o preço da energia elétrica (1US$ = R$3,7).



Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) - Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2016. Assumindo as projeções apresentadas na sessão anterior. Valores nominais.

Figura 24: Projeções dos valores de créditos de carbono por ano ao preço unitário de $ 1,5/CO_2eq. e do respetivo impacto percentual sobre o preço da energia elétrica (1US$ = R$3,7).



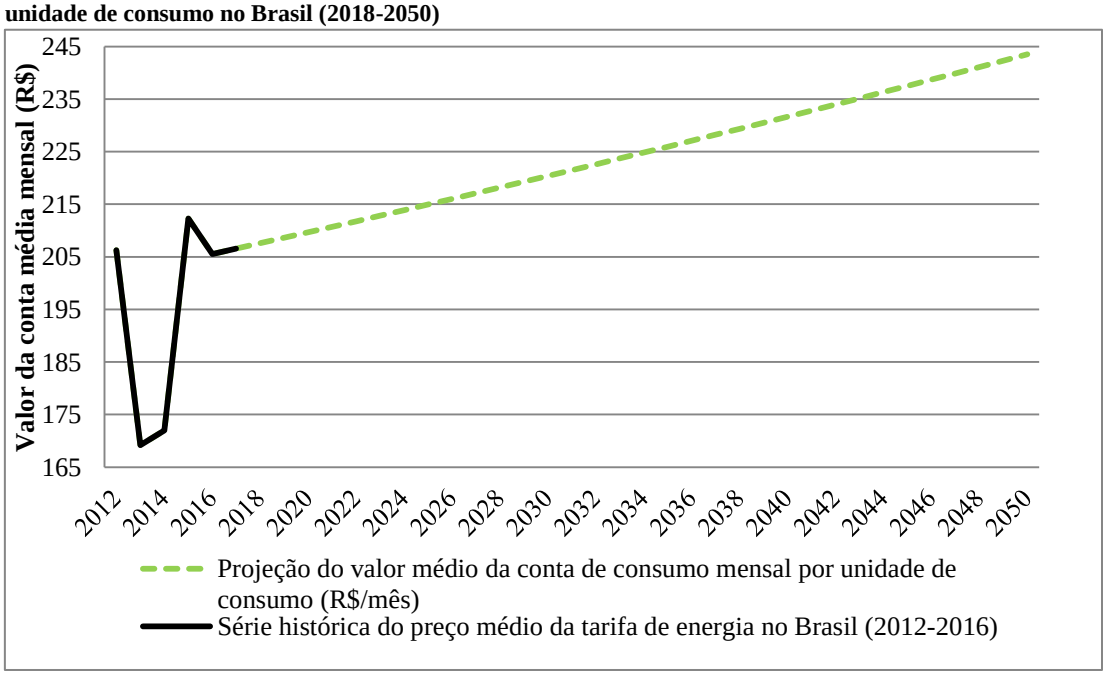
Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) - Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2016. Assumindo as projeções apresentadas na sessão anterior. Valores nominais.

Para arrecadar a compensação financeira pelo custo de oportunidade do setor agropecuário no caso do cenário DLZ é necessário aplicar uma taxação que varia entre 0,05% a 0,35% sobre o valor da energia ao longo do período. Já para os

créditos de carbono, dependendo do ano e do preço estabelecido, pode variar de 1% a 17% do valor da energia ao longo do período.

Se tomarmos, o valor médio do faturamento por unidade de consumo no Brasil - R$206/mês (EPE, 2016) - e aplicarmos o percentual da taxa, teremos estimado em reais o impacto sobre a conta de energia. Esse exercício deve considerar duas variáveis: a oscilação do valor médio de cobrança da energia elétrica mensal ao longo do período e a variação do percentual da taxa sobre o valor da energia para cobrir a necessidade de compensação no cenário DLZ considerando o valor da renúncia econômica e valor dos créditos de carbono. A variação do preço médio está expressa na figura 25, assumindo um crescimento real de 0,5% (a.a.) entre 2018 a 2050. O consumo médio mensal, para os cálculos dessa sessão, será considerado constante a partir de 2018, ou seja, 476,3 KWh/mês/unidade. Essa decisão não prejudica a visualização da taxa a ser aplicada sobre o consumo de energia, apenas tem alguma influência na contribuição absoluta sobre a conta de energia média.

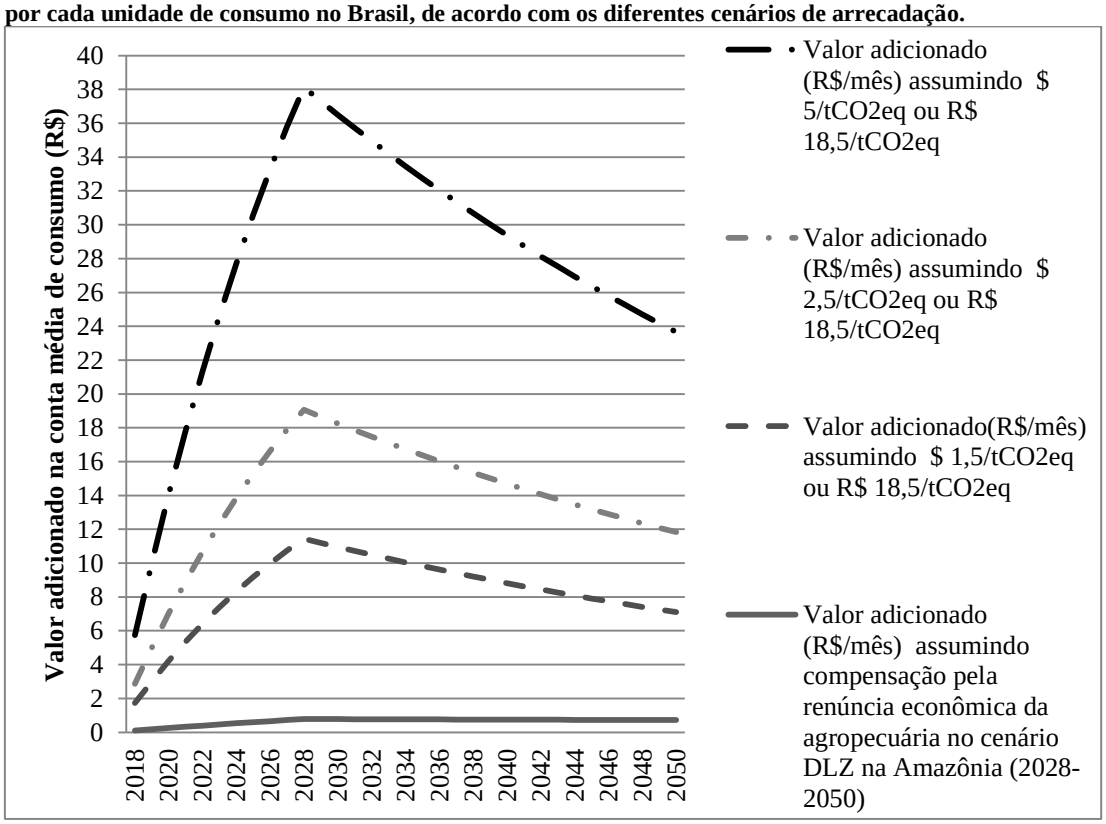
Figura 25: Série histórica (2012-2017) e projeção do valor médio da cobrança mensal de energia por unidade de consumo no Brasil (2018-2050)



Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) - Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2016. Assumindo crescimento de 0,5% ao ano de aumento real. Valores nominais.

Os resultados do impacto mensal em reais na conta média de energia no Brasil, considerando as evoluções de preço médio da conta e do percentual a ser aplicado no valor da energia, estão expressos na figura 26.

Figura 26: Projeção do valor adicionado mensal ao preço da energia, tendo como base o valor médio pago por cada unidade de consumo no Brasil, de acordo com os diferentes cenários de arrecadação.



Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) - Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2016. Nota metodológica: (i) Assumindo crescimento de 0,5% ao ano de aumento real para valor da tarifa de energia; (ii) Valores nominais; (iii) assumindo projeções da sessão anterior.

Percebe-se que tanto o valor adicionado sobre a conta média como o percentual a ser aplicado sobre o valor da energia começa a reduzir a partir de 2028, quando efetivamente inicia o cenário DLZ. Isso ocorre em razão das projeções de crescimento do consumo de energia (2% a.a.) e de aumento real dos preços (0,5% a.a.).

Um exercício adicional válido para entender os impactos monetários sobre o valor pago mensalmente pela energia, refere-se a aplicação da taxa sobre diferentes faixas de consumo. Neste caso, para simplificar a visualização dos resultados, toma-se a média da taxa a ser aplicada ao longo do período analisado e projeta-se sobre os valores das contas de energia de energia mensal. A tabela 22 traz a taxa média sobre a energia indicando o intervalo de confiança necessária à compensação e pagamento dos créditos de carbono.

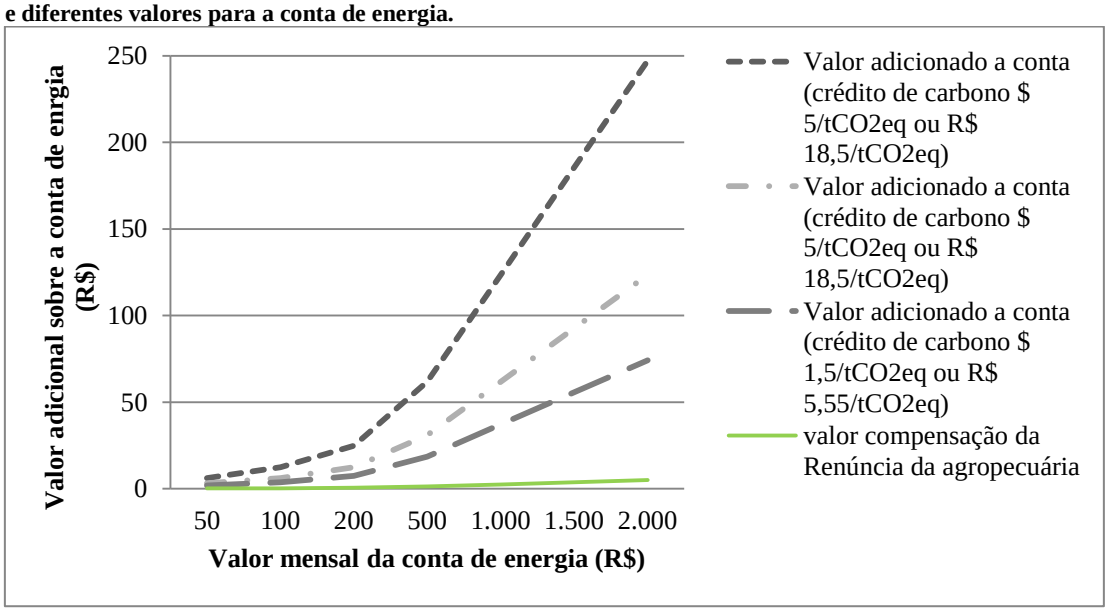
Tabela 22: Média e intervalo de confiança (95%) da taxa a ser aplicado no valor da energia para a compensação em cenário DLZ considerando o valor da renúncia e no valor do crédito de carbono.

Elementos estatísticos	Percentual sobre preço da energia			
	Renúncia (CO) da agropecuária	$5/tCO$_2$eq R$18,5/tCO$_2$eq	$2,5/tCO$_2$eq. R$9,25/tCO$_2$eq.	$1,5/tCO$_2$eq. R$5,55/tCO$_2$eq.
Média da taxa (2018-2050)	0,247%	12,36%	6,179%	3,707%
Desvio Padrão	0,069%	3,42%	1,71%	1,03%
Significância	0,05	0,05	0,05	0,05
Intervalo de confiança	0,024%	1,19%	0,59%	0,36%
Limite superior	0,27%	13,54%	6,77%	4,06%
Limite inferior	0,22%	11,17%	5,59%	3,35%

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) - Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2016. Nota metodológica: (i) Intervalo de confiança de 95%.

A partir da taxa media para cada cenário de arrecadação, é possível realizar um exercício sobre a variação absoluta em diferentes níveis de consumo e valores mensais, conforme apresentado na figura 27.

Figura 27: Variação adicionada sobre a conta de energia considerando diferentes cenários de compensação e diferentes valores para a conta de energia.



Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) - Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2016. Nota metodológica: (i) Assumindo crescimento de 0,5% ao ano de aumento real para valor da tarifa de energia; (ii) Valores nominais; (iii) assumindo projeções da sessão anterior.

Para uma conta média de consumo (206 reais por mês) o acréscimo mensal para arrecadar o valor referente à compensação pela cobertura do custo de oportunidade da agropecuária na Amazônia, é de aproximadamente 50 centavos mensais. Para um consumo de 2 mil reais mensais, o acréscimo médio é de aproximadamente 5 reais mensais. A remuneração dos créditos de carbono, sobre a conta média de 206 reais mensais, necessitaria de um acréscimo mensal de 24 reais,

12 e 7 reais para preços de 5, 2,5 e 1,5 dólares por toneladas de carbono, respectivamente.

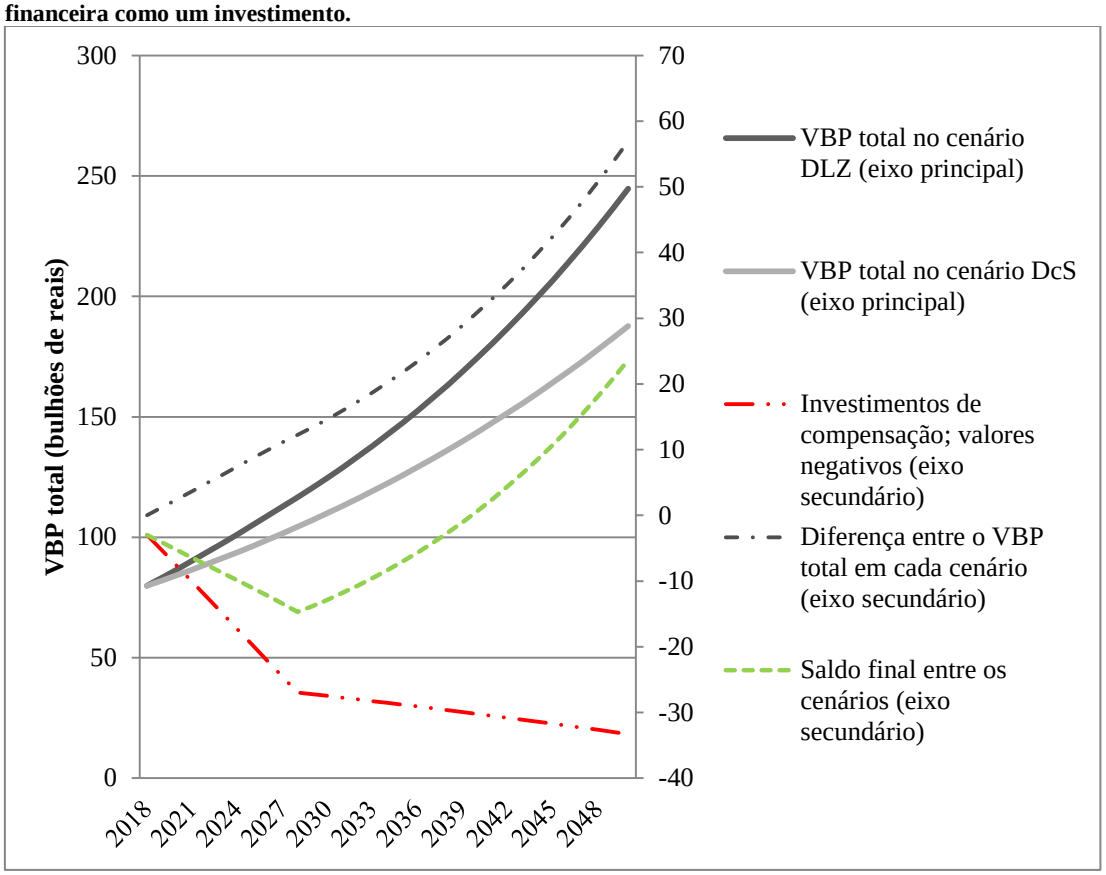
3.2. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA PELO MÉTODO VPL.

É de se esperar que investimentos tenham retorno econômico. No caso da conservação da Amazônia, o retorno do investimento (compensação financeira pelo DLZ) pode ser expresso pelo crescimento do VBP da produção (ponto de vista estritamente econômico) e pelo ponto de vista da conservação de ecossistemas de grande valor para economia. Conforme já ponderado anteriormente, se a análise se dá campo da economia pura, as possibilidades de ação, aparentemente são maiores, tanto pela factibilidade dos valores, quanto pele fato de que a racionalidade impregnada na economia convencional ainda está presa a respostas financeiras mais diretas.

Sendo assim, é necessário inferir sobre as seguintes variáveis: (i) O crescimento do VBP em condições de DcS, impactada pelo aumento de área anual e sua respectiva taxa de crescimento da produtividade (1,8% a.a.) fornece a projeção de um VBP para cada ano; (ii) O crescimento do VBP em condições de DLZ, impactada pelo cenário de redução do desmatamento a partir de 2018 e interrupção depois de 2028 até 2050 e sua respectiva taxa de crescimento da produtividade (3,43%) [35] fornece a projeção de um VBP para cada ano; (iii) O cenário de investimento escolhido para realizar o ensaio de VPL é a compensação com base na custo de oportunidade (CO) da agropecuária e os créditos de carbono gerados no cenário de DLZ para o período de 2028 a 2050, ao preço de US$ 2,5/tCO_2eq.. Os comportamentos das curvas estão apresentados na figura 28.

[35] Conforme apresentado no capítulo II na sessão 2.2.3.

Figura 28: Projeção da evolução do VBP da agropecuária na área de floresta Amazônica nos cenários DcS e DLZ e o saldo final do fluxo econômico (equivalente ao fluxo de caixa) considerando a compensação financeira como um investimento.



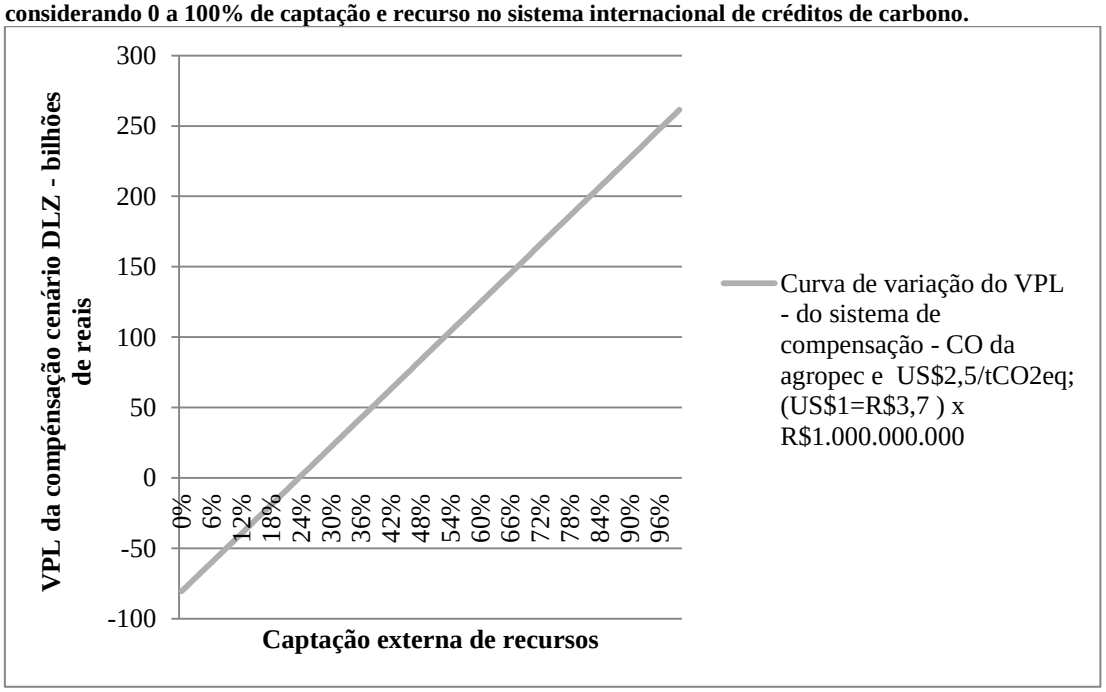
Fonte: Elaborado pela pesquisa.

Em 2050 o VBP total da agropecuária na área de floresta Amazônica, no cenário DLZ está projetado para 244,6 bilhões de reais, enquanto no cenário DcS a previsão é de 187,7 bilhões de reais. O somatório ano a ano da diferença é de 768 bilhões para o período, contra um somatório da compensação de 827 bilhões para o mesmo período. Portanto, para identificar o VPL do sistema de compensação seguiu-se o seguinte percurso de cálculo. A previsão de compensação pelo custo de oportunidade da agropecuária adicionada dos valores de créditos de carbono (US$2,5/$CO_2$eq.), subtraída dos valores do saldo anual do fluxo de caixa entre o volume total de VBP no cenário DsC e no cenário de DLZ (conforme apresentado na figura 28), o VPL do sistema de compensação apresenta-se negativo em 81 bilhões reais.

Com base nessa análise, a figura 29 demonstra como se comporta o VPL do sistema, a medida que reduz o valor do investimento nacional possibilitado pela captação de recurso no ambiente de negociações de crédito de carbono internacional

em uma variação de 0 a 100% na relação entre as fontes de recursos.

Figura 29: Curva de variação do VPL do sistema de compensação financeira no cenário de DLZ, considerando 0 a 100% de captação e recurso no sistema internacional de créditos de carbono.



Fonte: Elaborado pela pesquisa.

O ponto onde o VPL é zero ocorre com captação de recursos do exterior na ordem de 78 bilhões de reais, equivalente a 23% do montante previsto de investimento. Outra forma de visualizar essa questão é que mesmo ao preço de US$ 0,6/tCO_2eq., o VPL seria zero, desde que houvesse uma realização econômica no ambiente internacional de 100% do total de créditos gerados pelo sistema. O VPL zero é extremamente vantajoso, pois, conclui o período com taxas mais alta de produtividades e maior volume de produção global e com saldo de 80% de florestas preservadas da Amazônia. Além disso, está excluída nesta projeção o potencial de crescimento da economia florestal. Por este viés, o cenário pode ser considerado conservador do ponto de vista econômico.

4. CAPÍTULO IV: ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO.

4.1. ANÁLISE DE ESTRATÉGIAS E NECESSIDADE DE RECURSOS FINANCEIROS PARA O COMBATE DO DESMATAMENTO

O cálculo de produtividade do agronegócio por hectare desmatado de floresta Amazônica, neste e em outros estudos, apresenta um resultado modesto. Os números obtidos nesta análise, de 1.105 reais por hectare de área desmatada do floresta Amazônica, é emblemático de uma produção que tem gerado mais pobreza do que de riqueza na região. Mesmo com alguma diferença de escopo e metodologia, os resultados guardam coerência com outros estudos que obtiveram dados igualmente baixos, entre 600 e 1.400 reais por hectare (GREENPEACE, IMAFLORA, IMAZON, ICV, IPAM, THE NATURE, 2017; NEPSTAD et al., 2009, 2014; STRASSBURG et al., 2015). Em geral, estudos em busca do entender o custo de oportunidade avaliam cada perfil de uso da terra na Amazônia em uma abrangência completa da região, por meio de informações georreferenciadas (por exemplo Börner et al., 2014).

São estudos de alta relevância para entender a dinâmica local e assim planejar programas voltados para a conservação de florestas. Analisar diferentes níveis de incentivo e punição é necessário à compreensão do potencial de efetividade para contenção do desmatamento na Amazônia. A partir da delimitação de perfil de produção de cada micro região extrapolam-se os números para toda região. Em geral, considera-se que se houve desmatamento a rentabilidade é positiva (BORNER et al., 2015). Tal compreensão, possivelmente prejudica a sensibilidade para os casos das terras totalmente abandonas, ou completamente improdutivas, mas que contribuem para o valor do desmatamento acumulado. Esse montante segundo dados do INPE (TERRACLASS, 2011) pode atingir mais 25% das áreas desmatadas e degradas da Amazônia, e muito provavelmente tem motivações especulativas ou de delimitação de posse para futura disponibilização à agropecuária.

Em primeira análise, a baixa produtividade da agropecuária, base para o cálculo de compensação do custo de oportunidade, produz valores de compensação claramente subvalorados em relação ao que poderia ser o verdadeiro valor dos serviços ecossistêmicos, serviços e produtos ambientais e da economia florestal (COSTANZA et al., 1997; DE CASTRO & ANDRADE, 2016; PHILIP M

FEARNSIDE, 1997; STIGLITZ et al., 2017). Nesse sentido, este estudo não considerou, na conta de custo de oportunidade, o potencial da economia florestal, sendo esse uma avaliação altamente desejável a ser feita em futuro aprimoramento desta análise.

Adicionalmente, faz-se necessário conjeturar sobre a capacidade do valor previsto de compensação com base no custo de oportunidade da agropecuária, apresentar reais condições de provocar transformações profundas no perfil da economia na região. A previsão de compensação por esse mecanismo (sem contar com os valores de créditos de carbono), pelo período completo (32 anos), é de 38,6 bilhões de reais (tabela 1; ANEXO 5). Está claro que, tal valor está distante de ser considerado trivial em termos de formação de fundo com destinação específica no Brasil (ver tabela 30). Principalmente se a referência for o apoio histórico da agenda de conservação e desenvolvimento sustentável na região. Para realizar a avaliação das condições orçamentárias do fundo de financiamento do DLZ na Amazônia é necessário apreciar os valores sobre dois aspectos centrais: (i) a capacidade de reduzir/interromper o desmatamento por medidas de comando e controle, e competência de (ii) oferecer soluções estruturadas para aumento de produtividade econômica da agropecuária e do manejo florestal sustentável madeireiro, não madeireiro e de serviços.

Diversos estudos analisaram elementos do decaimento do desmatamento na Amazônia brasileira. No entanto, é extremamente difícil estabelecer um nexo causal entre as políticas implantadas e seus efeitos sobre a redução de perda de florestas primárias. Segundo Nepstad et al. (2014; p. 1120, tradução nossa), "*a contribuição dos fatores para o declínio do desmatamento é extremamente difícil de medir por causa da sobreposição temporal e espacial das intervenções da política e da cadeia de fornecimento que foram feitas*". No estudo liderado pelo pesquisador, a modelagem de simulação espacial encontrou um papel importante de novas áreas protegidas na redução do desmatamento. Por outro lado, estudos econométricos concluíram que as restrições de crédito rural implementadas através do programa de municípios críticos contribuíram significativamente para o declínio do desmatamento. Segue na tabela 22 um resumo das principais ações relacionadas às políticas de comando e controle implantadas no período de maior decaimento do desmatamento.

Tabela 23: Lista de ações de comando e controle relacionadas ao declínio do desmatamento na Amazônia Legal a partir de 2005.

Ano	Política / Descrição
2004	**Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento (PPCDAM)** Utiliza imagens de satélite para monitorar o desmatamento em nível estadual e municipal. O PPCDAM utiliza três conjuntos de ações integradas: 1) planejamento territorial e de posse, 2) monitoramento e monitoramento ambiental; 3) Incentivos para produção sustentável.
2004	**DETER** Sistema de alerta precoce para apoiar a vigilância e o controle do desmatamento.
2005	**Operações da Polícia Federal** A partir de 2005 as operações Curupira, Rio Pardo e Ouro Verde. Enviou uma importante mensagem de risco para os desmatadores ilegais.
2005 **2006**	**BR 163 ALAP** Criou uma área especial de 8,2 milhões de hectares ao longo da rodovia BR163 para a escalada do desmatamento, suspendendo causem degradação ambiental, exploração e corte florestal. No entanto, permitiu a continuidade das atividades agrícolas e outras atividades econômicas em andamento, desde que devidamente licenciadas de acordo com a lei. Enfraqueceu a especulação e a "grilagem" de terra.
2007	**Registro e embargo de áreas desmatadas – Decreto 6321** Prevê ações relacionadas à prevenção, monitoramento e controle do desmatamento na floresta Amazônica. Este decreto levou o Ministério do Meio Ambiente a criar uma lista de municípios prioritários para a prevenção e controle do desmatamento. A primeira lista foi promulgada pela Portaria nº 28, de 27 de janeiro de 2008, e incluíram 36 municípios, responsáveis por 50% do desmatamento em 2007.
2007	**Programa de restrição de crédito para os Municípios; Decreto 6321/2007** Lista negra dos municípios que não conseguiram reduzir as taxa de desmatamento, estabelecendo restrições ao acesso de crédito.
2008	**Resolução BACEN de crédito para áreas com desmatamento ilegal** A resolução obrigou os tomadores de crédito apresentar documentos de conformidade ambiental localizadas na Amazônia. Resolução 3.545
2008	**CAR nos Estados do Pará e Mato Grosso**
2009	Ação precursora em relação ao CAR
2009	**Ação do Ministério Público contra carne em terras ilegalmente desmatadas** As ações resultaram na assinatura de termos de ajuste de conduta (TAC) por parte dos maiores frigoríficos da região.
2009 **2012**	**Certificado Ambiental Rural (CAR)** O CAR que exige que os proprietários apresentem mapas digitais de suas propriedades e planejem entrar em total conformidade com a lei. No âmbito do "Programa Mais Ambiente", aqueles que se inscrevem no CAR podem ter alguns benefícios, como a suspensão de multas.
2012	**Modificações no código florestal** O código amplia áreas que devem ser protegidas, exige restauração, mas deu anistia para todo desmatamento ilegal antes de 2008.

Fonte: MMA, SFB, Nepstad et al. (2014)

Observando o cronograma e o caráter das medidas contra o desmatamento percebe-se a ênfase quase absoluta em dispositivos de comando e controle. Com exceção do PPCDAM, onde se menciona o apoio a atividades sustentáveis florestais, não há outra medida explicita de estímulo dessa economia. Além disso, dois aspectos chamam atenção: (i) Entre 2007 e 2008 o desmatamento apresentou 11% de crescimento, e de 2008 para 2009 reduziu cerca de 40% mantendo-se pelos anos subsequentes. É altamente provável que o decreto BACEN exigindo adequação ambiental das propriedades rurais na Amazônia para acesso à crédito, tenha sido o principal determinante da contenção do "repique" do desmatamento e intensificação da redução nos anos posteriores. A visualização desse movimento entre medida e fluxo de desmatamento, reforça a impressão de Assad (2017, informação verbal[36]) sobre a relevância do mecanismo financeiro como parte fundamental da estratégia de redução do desmatamento na Amazônia. Trata-se de uma evidência, do quão persuasivo pode ser a questão financeira como barganha de mediação do conflito entre interesses econômicos imediatistas (especulação imobiliária e grilagem de terra) e o desejo por conservação ambiental por parte da sociedade em geral. Outro aspecto que chama a atenção é a (ii) relação entre a entrada em vigor do novo código florestal e interrupção do declínio do desmatamento e posteriormente a retomada do seu crescimento. Após a aprovação do novo código florestal (2012), o desmatamento cresceu a uma taxa extraordinariamente alto de 11,5% ao ano na Amazônia entre 2012 e 2017, saindo de 4.571 km² para 7.593 km². Empiricamente, pode-se inferir que a decisão evidentemente temerária de anistiar o desmatamento Legal[37] proposta da Lei, está diretamente relacionada ao comportamento da curva de aumento do desmatamento neste período. Além disso, do ponto de vista sistêmico, este famigerado precedente, certamente tem efeito altamente estimulante para a psicologia dos agentes do desmatamento ilegal, pois qualquer vulnerabilidade entre a força de lei e a punição de infratores será consagrada (POLINSKY & SHAVELL, 2007).

A indagação feita por Nepstad et al. (2014; p. 1.121, tradução nossa) se "o declínio do desmatamento é sustentável, com 80% da floresta ainda em pé?". Segundo os autores do estudo, a tendência de longo prazo no desmatamento

[36] A palestra proferida pelo pesquisador Dr. Eduardo Assad pode ser vista em https://www.youtube.com/watch?v=7zvy4hrzTtE – acessado em 23 de outubro de 2017.

[37] Em 28 de Fevereiro de 2018 o Supremo Tribunal Federal confirmou definitivamente os critérios da anistia às propriedades/proprietários que cometeram irregularidades relativas ao código florestal até 2008.

dependerá, em parte, do crescimento da produção pecuária nas terras desmatadas existentes. No entanto, o conjunto de fatores que propiciaram a redução do desmatamento vem demonstrando claros sinais de “fadiga”. Os dados de 2012 a 2017 permite afirmar que o declínio do desmatamento não é sustentável. Pastagem para o gado bovino é o principal uso da terra já desmatada na Amazônia, portanto o desmatamento na Amazônia não está “desacoplado” da expansão na produção de carne da região. Sendo assim, se não houver especial ênfase para o aumento de produtividade em todos o sistema de apoio a pecuária e a percepção de risco associado ao desmatamento continuar decrescente, a tendência é de aumento do incremento da perda de florestas primárias.

Borner et al. vem se debruçando sobre os custos da redução do desmatamento com admirável consistência. Em seus três últimos trabalhos a respeito do tema (2014, 2015 e 2017) oferece informações sobre o custo-efetividade das diferentes opções de combinação de políticas de contenção do desmatamento na Amazônia. Segundo seus resultados, utilizando exclusivamente forças de comando e controle e assumindo a arrecadação eficiente do Estado com multas de R$ 5.000/hectare desmatado, o declínio do desmatamento da Amazônia pode ser alcançado a um custo-efetividade de irrisórios R$ 0,03 por hectare de floresta conservada. Esta perspectiva considera os melhores resultados de cobrança de multas por infrações ambientais na região, o que evidentemente está muito distante de ser algo banal para se conseguir realizar no contexto de confusão fundiária e dimensões Amazônicas. Sem as receitas de multas, Borner et al. (2014) estimou que os investimentos necessários para que a estratégia de fiscalização alcance a redução de 80% na perda florestal estipulada pela estratégia brasileira de REDD + (cerca de 14 mil Km²) poderia custar aos reguladores aproximadamente R$ 510 milhões em despesas operacionais anuais para presença no campo e acompanhamento administrativo (valores corrigidos para 2018 pelo IPCA).

Tomando como base os valores médios encontrados por Borner et al. e adaptando os cálculos para necessidade de reduzir os 7,5 mil km² de desmatamento entre 2018 e 2028 (meta do cenário DLZ), o investimento necessário seria de 3,1 bilhões de reais, ou 274 milhões de reais ao ano. Para este mesmo período e mesma meta de redução, o sistema de compensação com base no cenário DLZ (considerando apenas o custo de oportunidade da agropecuária no período), proposto neste estudo, prevê 6,2 bilhões de reais de investimentos, ou 560 milhões reais anuais em média

(ver tabela 1 do ANEXO 5). Neste cenário de custos de redução, a compensação proposta neste trabalho superaria os valores encontrados por Borner et al. (2014) em cerca de 292 milhões de reais anuais para o período de 2018 a 2028. Após 2028, o aporte médio previsto pelo sistema de compensação é de 1,26 bilhões por ano até 2050 (valores nominais).

Portanto, se o contexto de combate ao desmatamento fosse hipoteticamente exclusivo de comando e controle, aparentemente, não haveria maiores dificuldades em estabelecer o cenário DLZ conforme proposta nesta pesquisa. No entanto, está hipótese é distante da realidade política, econômica e social na conjuntura de produção e desmatamento de florestas na Amazônia. Qualquer que seja a estratégia de reduzir desmatamento na Amazônia sempre haverá a necessidade de incluir mecanismos de incentivos e recompensas locais. Em 2015 Borner et al. estudou possíveis combinações entre incentivos (na forma de PSA) e comando e controle (na forma de orçamento dos órgãos reguladores e aplicações de multas) para conter o desmatamento, em busca da melhor relação de custo-efetividade (R$/hectare). Descobriu que, apesar da estratégia exclusiva de comando e controle alcança ganhos de conservação a um custo muito inferior[38] do que a combinação de incentivos e desincentivos, a política combinada com PSA tem a capacidade de melhorar o equilíbrio de renda na região.

Contudo, não se trata de uma questão puramente financeira. É necessário responder como implantar PSA em uma conjuntura de ilegalidade e confusão fundiária predominantes na Amazônia. Outro aspecto determinante, como resolver monitoramento efetivo de um sistema de PSA nas dimensões da Amazônia, onde cada beneficiário é avaliado individualmente? Segundo Borner et al. (2015), o que denominou de aplicação imperfeita de PSA pode resultar em perdas de 200 a 5.000 dólares por hectare de desmatado evitado, entre pagamentos indevidos e custos de verificação. Ainda assim, em publicação de 2017, com objetivo de analisar a efetividade social e ambiental de sistemas baseados em PSA, Borner et al., conclui que, mesmo com resultado geral abaixo do esperado pelos formuladores e gestores da área, "*se bem projetados, os pagamentos por serviços ambientais podem ser uma solução eficiente e econômica para corrigir falhas de mercado"* (JAN BÖRNER et

[38] A combinação de incentivos e desincentivos, de modo que os usuários da terra fossem, pelo menos em média, compensados por evitar o mesmo nível de desmatamento, reduziria a relação custo-eficácia em mais de 98% (BORNER et al, 2015; p. 17).

al., 2017; p.371). De fato, a possibilidade de incentivos, na forma de PSA é um mecanismo contemporâneo de valoração de serviços ambientais e ecossistêmicos da qual não se deve prescindir no conjunto de instrumentos econômicos de conservação. Com esta finalidade, a administração pública e organizações da sociedade civil tem se debruçado em torno do debate do PSA como estratégia de conservação dos recursos naturais. Já está em processo avançado de tramitação o Projeto de Lei do Senado n° 276, de 2013, que cria a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA), com o objetivo "de classificar, inventariar, cadastrar, avaliar e valorar os bens e serviços ambientais e seus provedores[39]". O projeto de autoria do Senador Blairo Maggi, encontra-se na Comissão de assuntos Econômicos do Senado Federal. Prevê a criação de Fundo Nacional de Serviços Ambientais para prover o pagamento de serviços ambientais, alimentado em parte por valores arrecadados provenientes de multas por infração ambiental. Também propõe alteração na Lei nº 6.938/81 (Política Nacional de Meio Ambiente), para conferir ao Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) competência para avaliar e aprovar metodologias de inventários, avaliação, mensuração e valoração de bens e serviços ambientais; e regulamentar o processo de certificação de bens e serviços ambientais.

Certamente será um enorme desafio técnico-científico para os gestores públicos regulamentar e implantação um sistema com tamanha complexidade, atendendo a princípios de custos de gestão e efetividade de controle. Diante disso, é prudente observar o potencial do PSA com certa parcimônia em se tratando de Amazônia. A centralidade em dispositivos de PSA para a política de controle do desmatamento na Amazônia, muito provavelmente incorrerá em custo-eficácia dramaticamente desfavorável para a sociedade. O contexto de previsíveis dificuldades no custo-efetividade do PSA e barreiras práticas para sua implantação, reforça a necessidade de estudar mais detidamente a associação de comando e controle ao apoio estruturado e subsídios para ganhos de produtividade na economia primária na Amazônia. As claras possibilidades de ganhos exponenciais de produtividade média da agropecuária na Amazônia poderia se confirmar como uma eficiente estratégia de compensação e aos agentes locais de produção e desmatamento. Neste viés, pela via de apoio estruturado e subsídios à produtividade, estaria a centralidade da cobertura do custo de oportunidade das unidades de

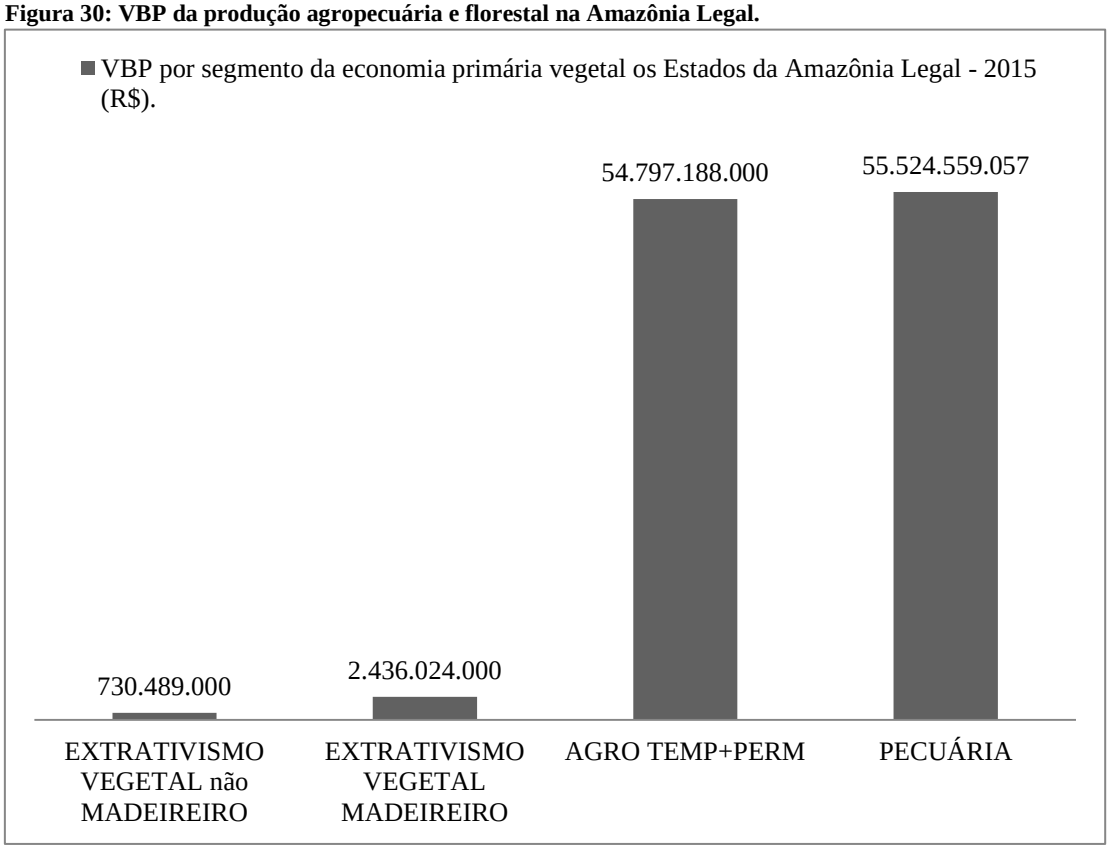
[39] Ver em https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/113566 - acessado em 05/07/2018.

produção agropecuária e florestal na Amazônia.

4.2. PERFIL ECONÔMICO DOS ESTADOS DA AMAZÔNIA LEGAL E O ESFORÇO DE REORIENTAÇÃO PARA ECONOMIA DA CONSERVAÇÃO DE FLORESTAS.

Do ponto de vista da dinâmica econômica regional, enquanto a economia florestal (incluindo madeira) respondeu em 2016 por pífios 3,4 % do Valor Bruto da Produção (IBGE, 2017) da economia primária (com exceção da mineração), as áreas de floresta correspondem a cerca de 80% do território na região. A prevalência da agropecuária sobre a economia extrativista na Amazônia Legal pode ser observada a partir dos valores estimados na figura 30.

Figura 30: VBP da produção agropecuária e florestal na Amazônia Legal.



Fonte: Elaborado pela pesquisa com dados do IBGE, 2015. Nota metodológica: (i) Os valores referentes ao extrativismo vegetal madeireiro e não madeireiro foram obtido pelo relatório PEVS Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura (IBGE); (ii) Os valores referentes a agricultura temporária e permanente foram obtidos pelo relatório PAM – Produção Agrícola Municipal do IBGE; (iii) Os valores referente à pecuária foi obtido a partir da diferença entre o total nos relatórios Contas Regionais do IBGE para o agregado do setor agropecuário. (iv) Todos os valores são correntes (Ver tabela no anexo 6).

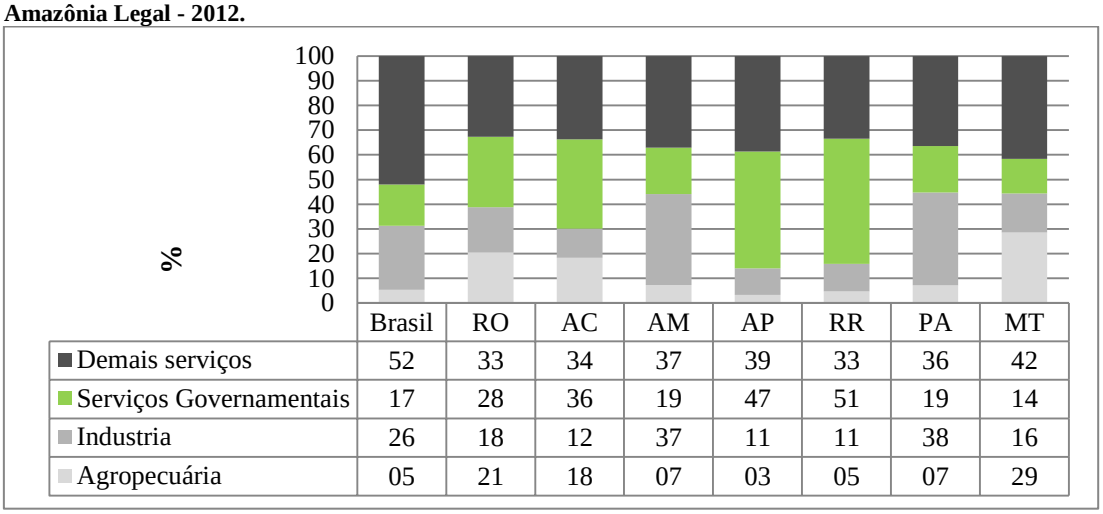
Contudo, a superioridade da economia da agropecuária na região utiliza os 19% de áreas desmatadas e degradadas na Amazônia, mas não conseguem produzir suficiente para colocar os índices sociais e econômicos da região minimamente

próximos às médias nacionais. Ocupando 45% do território nacional, a região norte contribui com apenas 5% do PIB do Brasil. Além disso, a renda per capta do Norte corresponde a 65% da renda per capita nacional. Observando esses dados, chega-se facilmente a conclusão que estamos desmatamento por uma *não solução*, do ponto de vista social e econômico.

A observação do perfil econômico dos Estados que compõem a Amazônia Legal e irrelevância da economia florestal oferece breve notícia das dificuldades a serem superadas. Para a análise econômica dos Estados propõe-se refletir sobre três noções: (i) o grau de dependência econômica do Estado em relação, ao governo federal, (ii) a atividade econômica da agropecuária e floresta de cada Estado e (iii) sua contribuição para o desmatamento.

O grau de dependência econômica do governo federal pode ser observado pelo lado dos recursos de orçamento do Estado, ou pelas estruturas de benefícios fiscais e financeiros, tal como aqueles operados pela Zona Franca de Manaus e SUDAM. Busca-se elementos que sirvam à reflexão sobre a sustentabilidade econômica do modelo vigente de cada Estado e sua repercussão sobre a contribuição para economia e desmatamento na região. Estão consolidadas na figura 31 informações percentuais da participação dos segmentos[40] *serviços governamentais, indústria, agropecuária e demais serviços.*

Figura 31: Participação das atividades econômicas na geração de valor agregado bruto nos Estados da Amazônia Legal - 2012.



	Brasil	RO	AC	AM	AP	RR	PA	MT
Demais serviços	52	33	34	37	39	33	36	42
Serviços Governamentais	17	28	36	19	47	51	19	14
Industria	26	18	12	37	11	11	38	16
Agropecuária	05	21	18	07	03	05	07	29

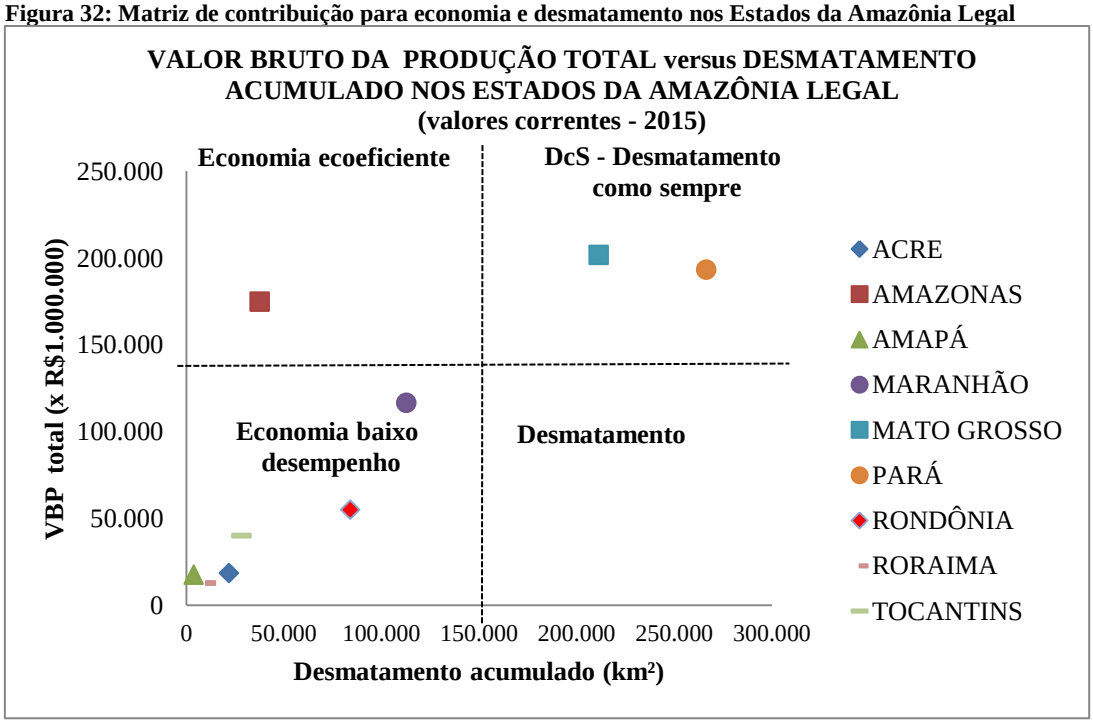
Fonte: Elaborado pela pesquisa com do IBGE (2015), apresentado no relatório "Participação das atividades econômicas no valor adicionado bruto a preços básicos, por Estado da Federação" (2002-2012).

[40] Em "Demais Serviços" estão agrupadas as contas do comércio, transporte, armazenagem, correios, serviços de informação, intermediação financeira, seguros, previdências, atividades imobiliárias e alugueis. A participação dos serviços governamentais inclui administração, saúde pública, educação e seguridade social

Do conjunto de Estados da Amazônia Legal apenas o Estado do Mato Grosso tem a participação do setor governamental menor do que a média Nacional. Conforme esperado, os Estados que apresentam números mais expressivos para a participação do orçamento de governo no conjunto de sua economia contribuem relativamente menos com o desmatamento na região. Respectivamente Acre, Amapá e Roraima contribuem com 2,9%, 0,5% e 1,3% (INPE) do desmatamento acumulado na Amazônia em 2016 e apresentam respectivamente uma participação de 36%, 47,3% e 50,7% dos recursos de governo em sua movimentação econômica interna (IBGE, 2012). Ainda que possa ter havido alterações na proporção de 2012, esse dado serve à pesquisa para capturar uma noção do balanço entre produção própria de riqueza local e recursos provenientes de simples transferências do governo federal.

A contribuição de cada Estado da Amazônia Legal para desmatamento, relativizada pela contribuição econômica, revela um ligeiro aspecto de sua eficiência econômico-ecológica, no que diz respeito a perda de biodiversidade e degradação florestal. O perfil de cada Estado está apresentado na matriz da figura 32 e classificado por sua respectiva posição nos quadrantes (i) economia baixo desempenho, (ii) economia ecoeficiente, (iii) desmatamento como sempre, (iv) desmatamento agressivo.

Figura 32: Matriz de contribuição para economia e desmatamento nos Estados da Amazônia Legal



Fonte: Elaborado pela pesquisa a partir de dados do IBGE (2015) e INPE (2015).

Ao estabelecer os títulos para cada quadrante, buscou-se expressar o viés

econômico em relação ao problema ambiental do desmatamento. Por exemplo, quadrante *ecoeficiente* se restringe a questão do desmatamento e perda de biodiversidade e não sobre a questão ambiental geral do Estado, identificando o Estado com relevância econômica para região, mas com contribuição modesta para o desmatamento. Já a denominação *economia de baixo desempenho* identifica os Estados com atividade econômica deprimida e que majoritariamente (exceção é Rondônia) depende de repasses do governo federal. Entre as economias fortemente subsidiadas pelo governo federal estão Acre, Roraima, Amapá e Amazonas. No entanto, neste grupo há uma diferenciação importante: Enquanto os sistemas de subsídios Acre, Roraima e Amapá são diretos e associados a um baixo desempenho da economia no próprio Estado, no Estado do Amazonas os subsídios são realizados através do estabelecimento do modelo de incentivos e tributação da Zona Franca de Manaus. No modelo da ZFM, o apoio federal para economia ocorre de forma indireta e auxilia desenvolvimento real da economia local, comprovado pelos números de arrecadação de tributos federais a partir do sistema tributário da Zona Franca de Manaus[41]. Já os Estados do Pará, Mato Grosso e Rondônia apresentam economia mais autônoma dentro do perfil convencional baseado na degradação ambiental.

Ainda que o Amazonas seja um ponto "fora da curva", apresentando uma contribuição de aproximadamente de 21% da economia da região (IBGE, 2015), e 5% do total desmatado na Amazônia Legal (INPE, 2016), a base da economia é a indústria de eletroeletrônicos e motocicletas, enquanto os produtos florestais apresentam pouquíssima representatividade na economia. O conjunto de incentivos à produção, não mobilizou energia política e capital no sentido de estruturar uma economia centrada em oportunidades genuinamente locais. Em razão disso, a ZFM assume certo caráter efêmero e frágil, dependendo de renovações sistemáticas dos incentivos fiscais para a manutenção de boa performance econômica do Estado.

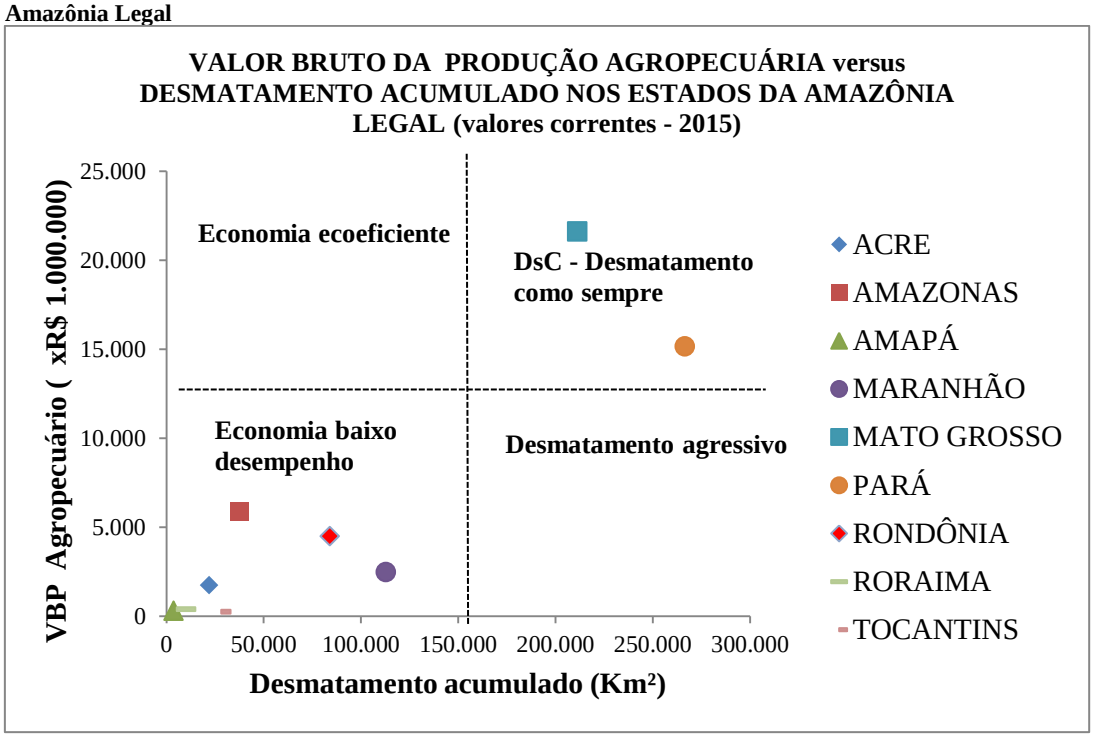
Os Estados mantidos pelos recursos financeiros federais apresentam-se naturalmente menos agressivos em relação aos recursos naturais. Nesse sentido é possível supor que os Estados com as menores taxas de desmatamento não apresentaram esforço econômico proposital para essa condição. Ao contrário, diz

[41] O Amazonas responde por cerca de 55% de toda arrecadação federal na região norte (FIEAM, 2015) Além disso, a relação entre renuncia e incentivo fiscal do Polo Industrial de Manaus é favorável a arrecadação. Entre os anos de 2014 e 2016, o Amazonas enviou cerca de 18 bilhões de reais a mais do que recebeu do governo federal no mesmo período (RECEITADATA, 2017).

respeito à uma economia local deprimida e insuficiente. Ainda que em cada Estado da região ocorra especificidades nas visões teóricas de desenvolvimento sustentável, com exceção do Amazonas, a estratégica basilar do Governo Federal para a região, entregou o protagonismo para agropecuária.

A matriz da figura 33 restringiu-se à contribuição da agropecuária no conjunto da economia e não no VBP na economia como um todo. Neste caso, o fenômeno econômico se aproxima do fenômeno do desmatamento se isola a atividade agropecuária, conforme agrupamento proposto por este estudo a partir da interpretação dos dados do TERRCLASS (2011&2014), onde 99% da perda de florestas tem origem neste segmento.

Figura 33: Matriz de contribuição da economia da agropecuária e desmatamento nos Estados da Amazônia Legal



Fonte: Elaborado pela pesquisa a partir de dados do IBGE (2015) e INPE (2016). Nota metodológica: O VBP a agropecuária está ponderado pela área de bioma Amazônia em cada Estado.

Quando na matriz está apenas a economia da agropecuária somente dois quadrantes são ocupados: (i) Economia de Baixo Desempenho (EBD) e (ii) Desmatamento como Sempre (DcS). A percepção mais imediata é que , com exceção do modelo ZFM organizado pelo governo federal e com repercussões positivas para a conservação ambiente natural, as economias Estaduais, ou estão nos limites do empobrecimento, ou são gravemente relacionadas com o desmatamento.

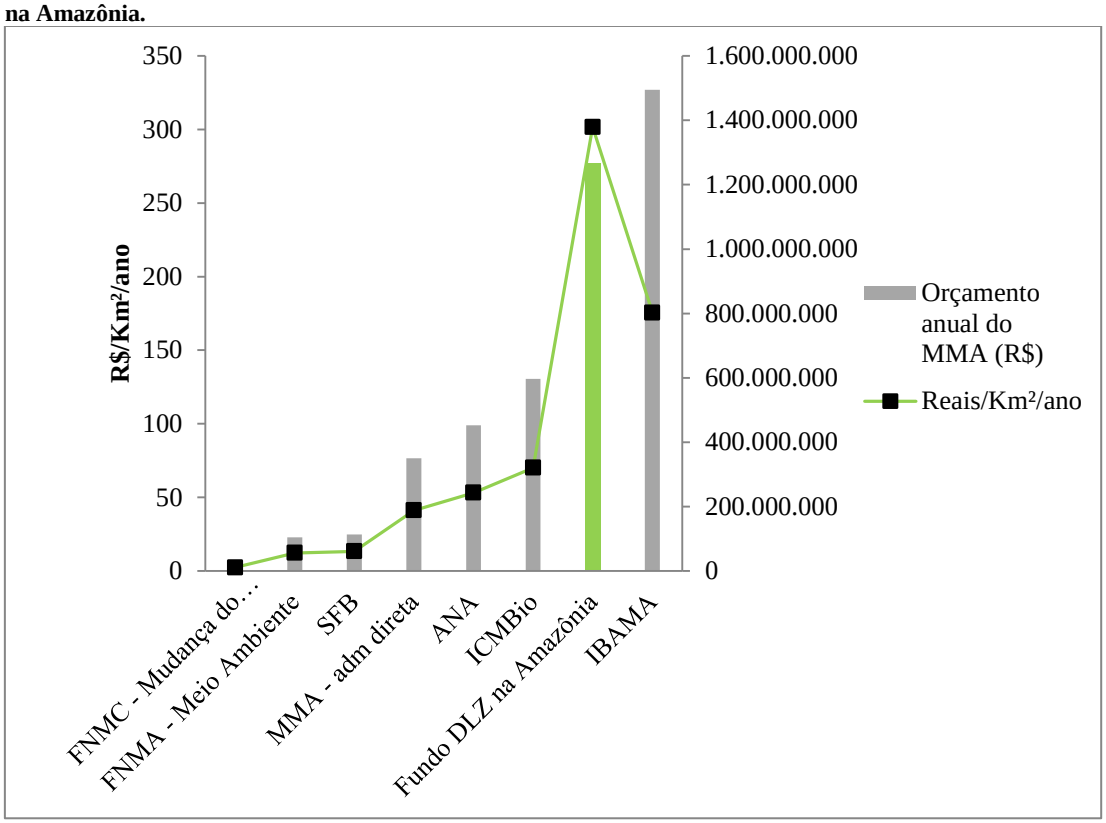
O cenário de arrecadação com base no custo de oportunidade da agropecuária

é de fato relevante. Aparenta ser satisfatório para empreender os esforços necessários de contenção do desmatamento via comando e controle, no entanto, muito provavelmente são suficientes para enfrentar uma agenda de subsídios para aumento radical da produtividade na região e suporte estruturado para o perfil de empreendimentos que valorizam a conservação. A avaliação do perfil das economias na Amazônia, conforme apresentado nas figuras 32 e 33, reforça essa impressão. Trata-se de um desafio muito maior do que seria o controle forçado do desmatamento, o que transfere aos créditos de carbono um caráter imprescindível. A arrecadação de recursos calculados a partir dos créditos de carbono do cenário de DLZ na Amazônia transfere o orçamento para outro patamar de grandeza, conforme pode ser visto nas comparações oferecidas no tópico a seguir.

4.3. ARRECADAÇÃO DO SISTEMA DE COMPENSAÇÃO NO CENÁRIO DLZ SOB A ÓTICA DOS ORÇAMENTOS GOVERNAMENTAIS

Outra medida relevante na avaliação das condições orçamentárias dos valores previstos para o fundo DLZ é a comparação com o orçamento de diferentes organismos do aparato estatal no Brasil dedicado a agenda ambiental e desenvolvimento da florestal e agropecuário. Tal comparação está exposta na figura 34.

Figura 34: Orçamento total e relativo à área geográfica de abrangência dos fundos e autarquias sob responsabilidade do Ministério do Meio Ambiente comparado com o orçamento projetado do Fundo DLZ na Amazônia.



Fonte: Elaborado pela pesquisa com dados do Ministério do Planejamento (2016); IBGE. Nota: o valor do orçamento do Fundo DLZ está apresentado como média simples dos 32 anos de contribuição.

É notável que cerca de 0,5 centavos de reais por mês (valores correntes) na conta média de energia do consumidor brasileiro tenha capacidade de criar um fundo com orçamento anual aproximado ao do IBAMA e 40% do orçamento anual da EMBRAPA, de 3 bilhões em 2016. A ponderação do orçamento de cada instituição sobre seu território de atuação torna o orçamento do fundo 71% superior ao orçamento do IBAMA, e pela mesma métrica 84% do orçamento total da EMBRAPA. Contudo, é necessário ter cautela nesta análise. Ainda assim, esta faixa de valores são concretamente modestas para o conjunto orçamentário do País. A proporção do orçamento do Congresso Nacional, de cerca de 12 bilhões anuais, contra 2,9 bilhões e 12,4 bilhões, dos Ministérios do Meio Ambiente e da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, respectivamente (Ministério do Planejamento, 2016), nos oferece uma ligeira noção de como agem as forças na divisão orçamentária do Brasil.

O fato do orçamento público para área de conservação ser gravemente reduzido, pode oferecer, por um lado, passar a falsa impressão de abundância de

recursos para o fundo DLZ; e por outro oferecer a consciência de que a reversão radical da tendência econômica em uma região das dimensões Amazônicas, com todo jogo de interesses estabelecidos requer um esforço orçamentário do mais alto nível. A relevância comparativa ao orçamento público para agenda, não significa que será suficiente para entregar os resultados que superem o do custo de oportunidade no cenário DcS.

O valor financeiro dos créditos de carbono, simulando o DLZ, reduzindo de 2018 a 2028 e a partir desse ano sendo zero até 2050, geraria entre 429 a 128 bilhões de dólares no período, para preços entre 5 e 1,5 dólares por tCO_2eq. Anualmente os valores médios estão entre 13 e 3,9 bilhões de dólares. Com essa perspectiva orçamentária, a capacidade de reorientação econômica e aumento radical de produtividade, muito provavelmente seriam suficientes. Mesmo na opção de 1,5 dólares por tCO_2eq., o orçamento do fundo DLZ seria superior ao orçamento de todo o Ministério da Agricultura, incluindo EMBRAPA e CONAB. Se toda a arrecadação fosse proveniente da taxação de energia, a este preço de carbono, a taxação média no período seria de 3% sobre o valor da energia, ou 7 reais ao mês sobre a conta média de consumo, de 206 reais. Tampouco parece algo tão relevante em termos tributários, considerando os benefícios gerados. No entanto, este é uma lacuna deste estudo: investigar aspectos relacionados a aceitação popular (ou Disposição a Pagar – DAP) relativas as diferentes opções de taxas e seus argumentos para arrecadação.

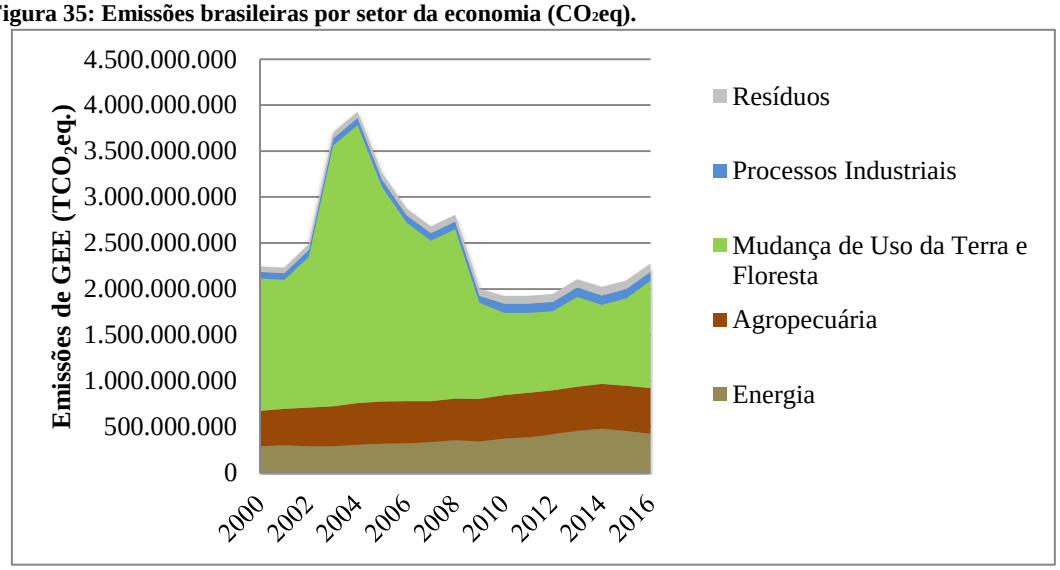
Segundo último relatório do Banco Mundial (2017) sobre a movimentação econômica e os volumes reduções de emissões precificadas (crédito de carbono), dos 155 países membros da UNFCC que submeteram compromissos através da INDCs, 81 indicaram que estão planejando ou considerando o uso de sistemas de preços para o carbono. O conjunto desses países representa cerca de 55% das emissões globais. No nível regional, nacional e subnacional somam-se 67 iniciativas que praticam sistema de preços para o carbono e outras 47 estão em processo de implantação. Esse volume cobre 8 $GtCO_2eq$, equivalente a 15% das emissões globais. A receita pela precificação por parte dos governos foi de 22 bilhões de dólares (2016) e valor anual das iniciativas com precificação foi de 52 bilhões de dólares em 2017 (WORLD BANK & ECOFYS, 2017).

Diante das informações oferecidas pelo Banco Mundial, as perspectivas de captação de recursos com base em reduções de emissões certificadas é uma realidade

concreta para o Brasil. Esse processo, já foi iniciado pelo Fundo Amazônia e o SISA no Estado do Acre, contudo, ressalvada toda relevância pelo pioneirismo e inovação, diante do potencial, as iniciativas aparentam ser relativamente modestas.

A floresta derrubada e queimada é altamente eficiente para emissões de carbono na atmosfera. No caso brasileiro responderam por 51,3% das emissões totais do país em 2016 (SEEG, 2017). Se incluir as emissões provenientes da agropecuária, implantada após o desmatamento os valores aumentam significativamente, conforme pode ser observado na figura 35.

Figura 35: Emissões brasileiras por setor da economia (CO_2eq).



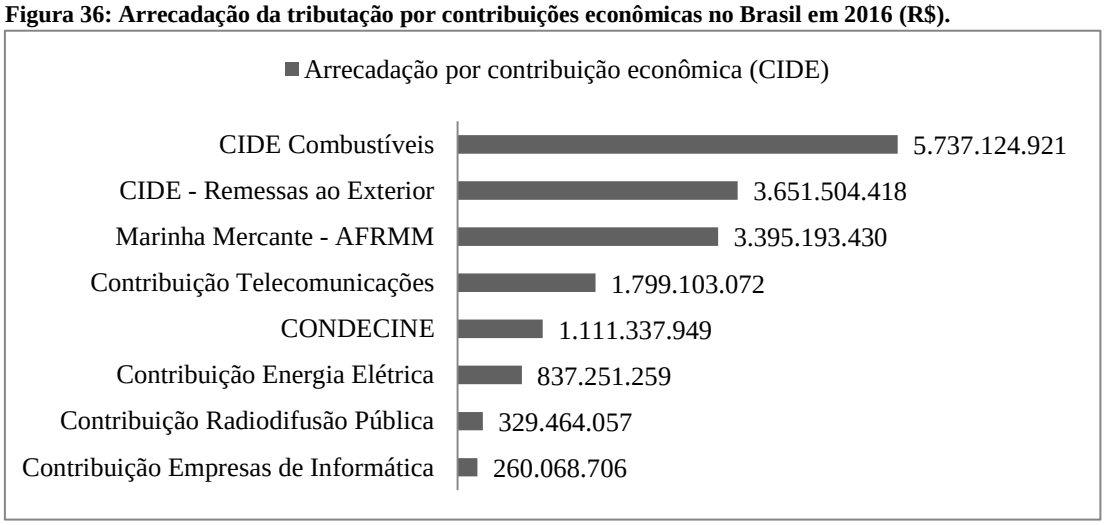
Fonte: SEEG, 2017.

Pela análise das emissões de GEE do Brasil por setor, percebe-se que tanto a alta mais aguda, entre 2002 e 2005, quanto a redução, entre 2005 e 2010, se deu, quase que exclusivamente, em razão das emissões evitadas por mudança de uso da terra (desmatamento). Em 2016 as emissões da agropecuária e mudança do usa da terra representaram cerca de 74% do total de 2,3 $GtCO_2eq.$, emitidos pelo Brasil (SEEG, 2016).

O Brasil dispõe, em sua estrutura legal e tributária, de mecanismo apropriado para intervenções econômicas, tal como seria a formação de um fundo para o DLZ na Amazônia com ênfase no aumento da produtividade da agropecuária. Esse tipo de taxação associado a uma intervenção econômica específica é amplamente utilizado e denomina-se CIDEs - Contribuições de Intervenção no Domínio Econômico. Instituído como instrumento de intervenção estatal em setor econômico específico e cujo produto da arrecadação tem destinação pré-determinada, a CIDE, tem base legal

no Título VI, Capítulo I do Sistema Tributário Nacional no art. 149. São contribuições regulatórias, utilizadas como instrumento de política econômica para enfrentar determinadas situações que exijam a intervenção da União na economia do país. Existem algumas CIDEs já instituídas no Brasil, conforme elencadas na figura 36. No orçamento de 2016, as arrecadações na categoria Contribuições Econômicas somaram 17,6 bilhões de reais.

Figura 36: Arrecadação da tributação por contribuições econômicas no Brasil em 2016 (R$).



Fonte: Orçamento da União, 2016 (valores nominais). Nota: Estão excluídas as contribuições PROTERRA (45 milhões), Lojas Franca (21 milhões) e aposta e competições hípicas (700 mil).

Diante da estatística da contribuição para intervenções econômica, cabe a pergunta: por que a produção de derivados de petróleo, entre os mais robustos setores da economia, mereceria intervenção econômica subsidiada por taxação sobre o consumo? Qual racionalidade dessa opção? Estimular com subsídios pagos pelo consumidor contribuinte, em pleno Século XXI, um segmento altamente poluidor, aparentemente carece de bom senso. Por outro lado, uma *CIDE do DLZ na Amazônia*, na qual o foco estaria no financiamento de um programa de conservação de florestas, biodiversidade e serviços ecossistêmicos, promovendo inovação tecnológica para uso sustentável dos recursos naturais da floresta e aumento da produtividade agropecuária, está estreitamente alinhado coma tendência global de redução da pressão sobre os recursos naturais e diminuição das emissões de GEE. Em contrapartida, o que se observa nos últimos dez anos é um abandono quase completo dessa agenda por parte do governo federal.

Recentemente (2015), o suprimento de energia elétrica no Brasil tem vigente um sistema de Bandeiras Tarifárias para definir o preço a ser cobrado do

consumidor. As Bandeiras Tarifárias[42] refletem os custos variáveis da geração de energia elétrica e estão diretamente determinadas pelos níveis de abastecimento de água nas represas do sistema de geração de energia hidroelétrica no Brasil.

Quando a Bandeira está verde, as condições hidrológicas para geração de energia são favoráveis e não há qualquer acréscimo nas contas. Se as condições hidrológicas são um pouco menos favoráveis e é necessário acionar o sistema de geração por termoelétricas, a Bandeira passa a ser amarela e há uma cobrança adicional, proporcional ao consumo, na razão de R$ 1,00 por 100 kWh (ou suas frações). Já em condições ainda mais desfavoráveis dos reservatórios, a Bandeira Tarifária fica vermelha e o adicional cobrado passa a ser proporcional ao consumo na razão de R$ 3,00 por 100 kWh (ou suas frações), para a Bandeira vermelha - patamar 1; e na razão de R$ 5,00 por 100 kWh (ou suas frações), para a Bandeira vermelha - patamar 2. A esses valores, são acrescentados os impostos vigentes.

Se a falta de fluxo hídrico atmosférico, com robustas evidências de correlação com a conservação da Amazônia (ALAMARO, 2014; ARRAUT et al., 2012; AVISSAR & WERTH, 2005; LOVEJOY & NOBRE, 2018; MAKARIEVA & GORSHKOV, 2006; A. A. D. NOBRE, 2011; SILVA DIAS et al., 2002; SPRACKLEN et al., 2012), impacta diretamente nos custos do sistema de geração de energia elétrica nacional, impondo aumentos diretos na tarifa cobrada do consumidor, por que não investir em uma atitude conservadora e precavida quanto a um recurso de tamanha magnitude para economia e sociedade Brasileira? Em um País onde cerca de 85% da energia elétrica é gerada por sistema hidroelétricos, aparentemente, essa deveria ser uma certeza e não uma dúvida. As evidências são claras a respeito: dos 34 meses, entre o início do sistema de bandeiras tarifárias (2015) e outubro de 2017, o sistema operou sobre a bandeira vermelha dezenove meses (equivalente a 55,9% do tempo no período), resultando em um acréscimo de cerca de R$ 20,8 bilhões a mais nas contas[43].

Em nove de julho de 2018, Rochedo et al. (2018) publicou na revista Nature, uma análise econômica sobre os riscos do Brasil descumprir os acordos formais de redução de suas emissões de GEE. Lembrando que uma vez assinados, os acordos tem caráter mandatório e implicam em custos diretos pela seu não

[42] http://www.aneel.gov.br/bandeiras-tarifarias - acessado em 08/07/2018.
[43] Ver em www.aneel.gov.br – acessado em 14/07/18.

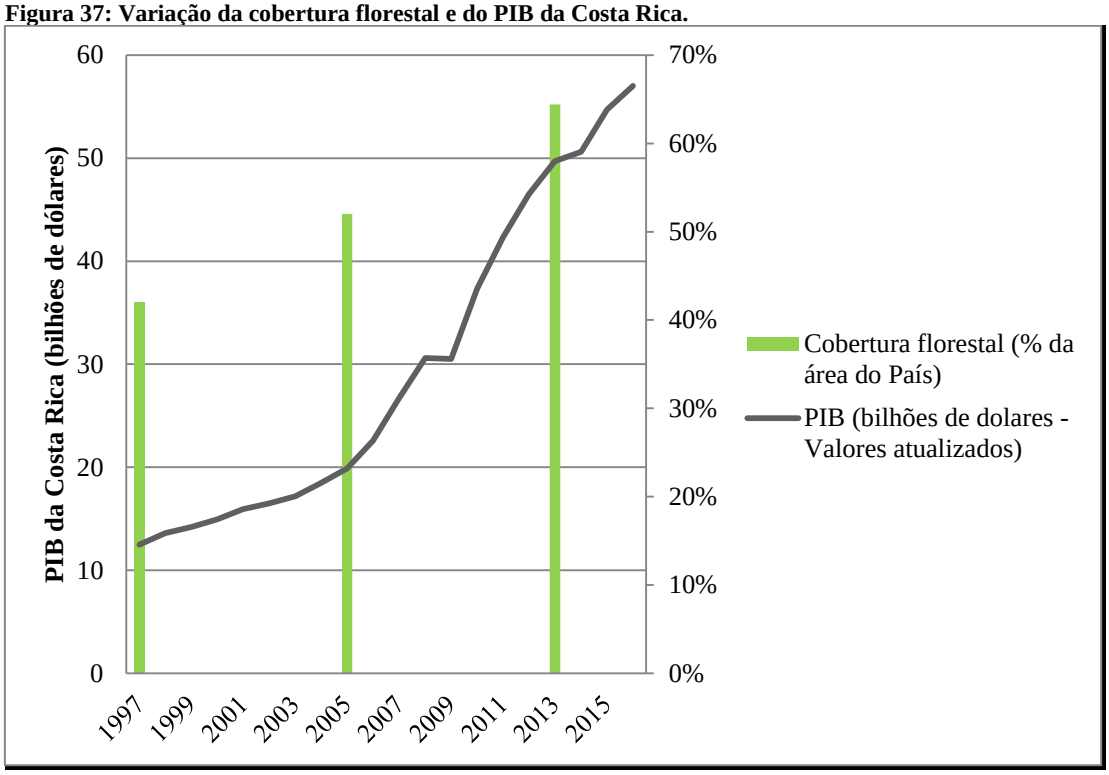
cumprimento, os resultados apontam para números alarmantes. No pior cenário, onde o desmatamento se descontrola, o prejuízo do Brasil poderá atingir 5 trilhões de dólares até 2030. No cenário *business us usual* (BAU) estipulado pela referida pesquisa, onde o desmatamento na Amazônia superaria 17 mil km² anuais em 2030, os prejuízos ainda seriam na ordem de 2 trilhões de dólares em medidas de adequação ao sistema de produção industrial, transportes e geração de energia. Tais números, transformam as grandezas dos valores apresentados nesta pesquisa em patamar extremamente modesto, e reforçam a necessidade de se conceber um estratégia sensível ao ambiente e economicamente racional.

Um exemplo internacional de conservação de florestas, serviços ambientais e ecossistêmicos por meio de esquema financeiro baseado em taxas está na Costa Rica. O Fundo Nacional de Financiamento Florestal (FONAFIFO)[44] cobra de quem se beneficia e paga a quem produz serviços ambientais e ecossistêmicos, estabelecendo um mecanismo financeiro para a recuperação e conservação da cobertura forestal nacional através da internalização dos custos ambientais das atividades humanas. O FONAFIFO combina taxa de 3,5% sobre o consumo de combustíveis e recursos provenientes de acordos internacionais para financiar o pagamento por serviços ambientais junto a produtores rurais.

O exemplo da Costa Rica traz uma demonstração ainda mais radical: a possibilidade concreta de promover crescimento econômico o mesmo tempo que se incrementam as áreas florestais, conforme apresentado na figura 37.

[44] Acessar em http://portal.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2016/10/Cristian-Diaz-y-Victor-Madrigal-Costa-Rica.pdf - acessado em 03/04/2018.

Figura 37: Variação da cobertura florestal e do PIB da Costa Rica.



Fonte: Banco Mundial (https://datos.bancomundial.org/pais/costa-rica); Inventario Nacional Forestal de Costa Rica, 2014-2015; Diaz & Madrigal, 2016.

De certo modo, o perfil econômico da Costa Rica fortemente relacionado ao turismo ecológico facilita a implantação de projetos dessa natureza. Ao contrário do Brasil reconhecido internacionalmente como referência em volumes de produção agropecuária. Academia Brasileira de Ciências, problematizou em 2008 sobre esse desafio de transformar o capital natural da Amazônia em ganhos econômicos:

> "O desafio de transformar o capital natural da Amazônia em ganhos econômicos e sociais de maneira ambientalmente sustentável é singular. Não existe um "modelo" a ser copiado, pois não há sequer um país tropical desenvolvido com economia baseada em recursos naturais diversificados, principalmente de base florestal, intensivo uso de C&T de ponta e força de trabalho educada e capacitada na utilização de C&T" (ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS, 2008, p. 10).

Apesar desse aspecto, é surpreendente observar que no mesmo período, o PIB da Costa Rica cresceu a uma taxa surpreendente de aproximadamente 7% (a.a) e a cobertura florestal incrementou a uma taxa de 2% (a.a.) (figura 37). A combinação de extraordinário crescimento econômico e conservação de recurso florestais e biodiversidade se deve provavelmente a implantação de programa estruturado,

observando a necessidade de financiamento robusto e de longo prazo, liderado pelo governo.

Recentes escanda-los de corrupção na política criminalizando congressistas, governadores e lideres empresarias do setor agropecuário, nos proporciona a noção da prevalência de interesses econômicos espúrios sobre o desejo popular em torno da conservação da Amazônia. Tal condição, não deixa de ser uma demonstração de sucumbência, sob este aspecto, da democrática brasileira.

Apesar de o presente estudo servir à argumentação política em favor da conservação na Amazônia, pouco se aprofundou nos elementos políticos necessários para que se viabilizasse uma medida tal como é a proposta de DLZ na Amazônia. Outro aspecto da maior relevância é entender com mais detalhe quais os procedimentos, estruturas e mecanismos deveriam ser estabelecidos para se lograr um aumento radical da produtividade média da agropecuária e da economia florestal na região, sem que isso tenha um efeito como previsto por Jevons (paradoxo de Jevons), onde o aumento de produtividade pode resultar em intensificação de recursos naturais. Se esse é o fator de concretização da recompensa pelo DLZ na Amazônia, é fundamental estudar as maneiras de ser assertivo na implantação das medidas de apoio à produção em escala na região. Ambos os temas, estão pouco abordados neste trabalho e poderia ser objeto de aprofundamento em pesquisas complementares.

CONCLUSÕES

A conservação da natureza e equilíbrio ecossistêmico é um tema complexo e central aos interesses da economia que observa o longo prazo. Como afirma Nicholas Georgescu-Roegen "*o pensamento econômico foi sempre influenciado pelos problemas econômicos da atualidade*" (1979; p.58). Compreender de forma mais precisa e realista os efeitos colaterais sistêmicos da atividade produtiva humana sobre o ambiente natural, que nos é essencial para sobrevivência é um gigantesco desafio para o pensamento econômico do século XXI. Neste processo de absorver os princípios físicos da ecologia (ou ser absorvido por eles) é necessário admitir que a economia clássica assumiu um viés excessivamente mecanicista para formular seus princípios e teorias. Como consequência, a ciência econômica se tornou refém de uma antipática racionalidade linear incapaz de interpretar a real interação entre Humanidade e a Natureza.

Também é possível assumir que não será apenas um pequeno ajuste que nos colocará em uma rota menos desastrosa para com a Natureza conservada. A conquista de uma nova abordagem para economia, na direção da ecologia fica a primeira conclusão deste estudo: é imperativo que a academia se esforce em criar instrumentos, modelos analíticos e instituições que respondam aos anseios de uma sociedade contemporânea testemunha do brutal efeito destruidor do ambiente natural provocados pelos modelos econômicos ainda vigentes.

O agronegócio vem exercendo sua extraordinária força política imbuída, aparentemente, de uma visão mais imediatista do que estratégica para a região, ainda que os riscos de barreiras comerciais internacionais tem aumentado sensivelmente nos últimos anos, forçando uma evolução da visão do setor. Este cenário se agrava diante da exposição dos níveis irrisórios de produtividade média da agropecuária na Amazônia Legal, possivelmente provocados pelo sistema de financiamento altamente subsidiado para o setor. Por um princípio de precaução (evitar danos estruturais no equilíbrio ecossistêmico) e de racionalidade (evitar desperdício de biodiversidade em troca de baixa produtividade), o agronegócio poderia ser o segmento mais interessado na conservação de florestas e de estimular o aumento de produtividade como forma de expansão econômica. A partir dessa premissa, pode-se concluir que, a opção pelo desmatamento zero, seria de fato, uma decisão economicamente racional.

Ainda que não tenha sido objeto dessa pesquisa, a transição para uma economia florestal de alto rendimento econômico e baixo impacto ambiental depende de uma revolução radical de produtividade primária. A falta de melhor aproveitamento econômico tanto da floresta quanto das áreas abertas na Amazônia é uma questão tecnológica a ser resolvida e não um sinal de que devemos "jogar riqueza fora". Nesse sentido, é possível concluir que o aumento de produtividade está no centro da necessidade econômica da região, tanto para economia florestal, que praticamente não usufruiu dos benefícios das novas tecnologias, quanto o setor agropecuário que, mesmo em melhores condições, produz com taxas de produtividades médias inaceitáveis (ALENCAR *et al.*, 2004; BARBOSA ALVIM *et al.*, 2015; STRASSBURG *et al.*, 2015), provocando imenso sacrifício de biodiversidade e ampliando a pobreza na região. Se for uma hipótese plausível de que o Brasil dispõe dos elementos para o incremento de tais metas de produtividade média, também é plausível concluir pela falta grave de visão estratégica e estruturada, por parte dos formuladores de políticas públicas, sobre o potencial da economia associada a conservação na Amazônia.

Diante de tais premissas de desenvolvimento de longo prazo e competitividade do agronegócio do Brasil, este segmento, não deveria ser o maior interessado em políticas conservacionistas? No entanto, o que poderia ser um grande "trunfo" estratégico de competitividade global e de garantias das melhores condições de produção, cede espaço a uma visão territorialmente expansionista, alicerçada em baixíssimas produtividades médias, e possivelmente, conforme alertou o pesquisador Dr. Eduardo Assad (2017, informação verbal)[45], com propósitos (francamente menores) de simples especulação imobiliária.

Mirando a direção oposta, o agropecuário brasileiro até o momento, coloca um setor estratégico e fundamental para economia brasileira, na rota dos embargos econômicos formais e informais, motivados pela espontaneidade do consumo ativista ambientalmente e conectado a nível global. Poucos duvidam que o argumento ambiental seja cada vez mais poderoso nas negociações comerciais no âmbito internacional. Uma boa evidência desse efeito, pode ser inferido a partir da redução do desmatamento relacionado ao embargo da soja na Amazônia e o argumento

[45] A palestra proferida pelo pesquisador Dr. Eduardo Assad pode ser vista em https://www.youtube.com/watch?v=7zvy4hrzTtE – acessado em 23 de outubro de 2017.

ambiental que salvou a ZFM de embargos tarifários por parte da União Européia em 2010. É bastante provável, em um mundo onde a informação circula livremente, e o engajamento se dá em redes com extrema velocidade, que o agronegócio brasileiro corre importante risco reputacional com consequências econômicas diretas, se continuar com a mesma visão estratégica de desmatamento na Amazônia.

As providências para um redirecionamento dessa envergadura na economia da região Amazônica provavelmente não serão operadas somente pelas forças de mercado (MAZZUCATTO, 2014). O prazo em que se necessita para promover a inflexão na economia para uma nova plataforma de prosperidade, assim como o nível necessário de articulação política, aponta para um perfil de ação com a liderança do Estado, enquanto formulador e principal proponente de políticas públicas (tal como foi o caso da Zona Franca de Manaus). Além disso, os riscos são demasiadamente altos para o capital privado se dispor a atuar em troca de benefícios que possivelmente ocorram de forma mais difusa do que concentrada na sociedade.

Nesta transição, a ação está localizada na oferta de nova plataforma para surgimento de empreendimentos inovadores próprios do paradigma econômico do século XXI, evitando a reedição de modelos baseados na supressão florestal em troca de baixas taxas de produtividade. Nesta definição, os investimentos de base indutores do processo de transição para uma economia ecológica, invariavelmente parte de arranjos realizados a partir da base legal, de planejamento, de infraestrutura, financiamento especial e novas instituições reguladoras e promotoras do desenvolvimento, esperando-se efeitos no no médio e longo prazo.

Com base nos dados apresentados, o sistema de compensação, conforme proposto neste trabalho, apresenta satisfatória racionalidade econômica, e tampouco se configura um grave problema de fontes de financiamento. Em 2050 o VBP total da agropecuária nas áreas de floresta Amazônica, no cenário DLZ está projetado em 244,6 bilhões de reais, enquanto no cenário DcS atinge naquele ano 187,7 bilhões de reais. O somatório ano a ano da diferença é de 768 bilhões favorável ao cenário DLZ para o período, no entanto, quanto confrontado, com os valores de compensação, se observarmos pela ótica exclusivamente financeira o sistema seria deficitário em apenas 81 bilhões de reais, pois exige investimentos na ordem de 827 bilhões para o mesmo período.

Neste caso, o VPL do projeto seria positivo a partir da realização de uma oferta internacional de cerca de 23% do total de créditos de carbono gerado, comercializados ao preço médio de 2,5 dólares por unidade, representando o ingresso de 78 bilhões de reais no período.

Considerando o valor médio de investimento na ordem de 25 bilhões de reais por ano para o fundo DLZ na Amazônia, dos quais 6 bilhões seriam captados no exterior (23%) e 19 bilhões captados por taxação, resultando em VPL igual a zero, a taxa sobre a energia estaria por volta de 7%, impactando em cerca de R$14/mês sobre a conta média de energia de R$ 206/mês.

Considerando que o consumo médio de 2016 foi de 476 kWh/mês (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2016), o impacto do sistema de Bandeiras Tarifárias sobre a conta média de consumo (R$206/mês), é de 5, 14 e 24 reais por mês, respectivamente, para a bandeira amarela, vermelha – patamar 1 e vermelha- patamar 2. Quando comparado coma taxação conforme proposto nesta pesquisa, a Bandeira Amarela é ligeiramente inferior e as Bandeiras Vermelhas são respectivamente, cerca de 200% e 340% superiores. Com base em tais números, um pequeno esforço de arrecadação tem o poder de revolucionar a agenda de conservação no Brasil e estabelecer mecanismo de financiamento do desmatamento líquido zero, apoiados no aumento de produtividade do setor primário em toda a região.

As emissões brasileiras representam cerca de 5% das emissões globais, mas as emissões percapta são superiores a média mundial. É possível projetar, que o DLZ, nos moldes proposto neste trabalho, reduzindo uma média anual de 2,6 $GtCO_2eq.$, por ano, tem o potencial de neutralizar 100% das emissões nacionais elevando o Brasil ao patamar da primeira[46] nação do mundo com a totalidade de suas emissões neutralizadas; um feito notoriamente extraordinário para os esforços de mitigação das mudanças climáticas no contexto internacional. Seguramente, tal iniciativa colocaria o Brasil na vanguarda das negociações, impulsionando a ampliação de mercados consumidores e melhora nas condições de preços e preferência dos consumidores.

[46] A Costa Rica também anunciou o interesse as condições de neutralizar as emissões totais do Pais (FONAFIFO, 2015).

O maior desafio se dá no contexto político e na repercussão social local, onde o paradigma ainda parece estar dominado pela cultura do desmatamento indiscriminado. Reconhecendo o elemento político como crucial à viabilidade de implantação, os investimentos em produtividade ganham importância adicional no confronto de argumentos. Nesse sentido, é necessário refletir sobre a questão política e admite-se esta, como uma das lacunas desta pesquisa.

Se por um lado não é eticamente aceitável perder preciosa biodiversidade por uma "não solução" econômica, também é inaceitável não aproveitar o potencial da riqueza existente na imensidão florestal. Pode-se, portanto, inferir que o triunfo do desmatamento na Amazônia é a derrota da agricultura sadia e altamente produtiva. Além de ameaçar as condições de produção agropecuária no longo prazo, desperdiçam-se o valor econômico concreto da fantástica biodiversidade da floresta Amazônica.

Bibliografia

ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIA. Amazônia: Desafio Brasileiro do século XXI. p. 32, 2008.

ALAMARO, M. Water politics must adapt to a warming world. **Nature**, v. 514, n. 7520, p. 7, 2014.

ALENCAR, A. *et al.* Indo Além Da " Emergência DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA: INDO ALÉM DA "EMERGÊNCIA CRÔNICA". **IPAM**, 2004.

ARRAUT, J. M. *et al.* Aerial rivers and lakes: Looking at large-scale moisture transport and its relation to Amazonia and to subtropical rainfall in South America. **Journal of Climate**, v. 25, n. 2, p. 543–556, 2012.

ASSAD, E.; NOBRE, C. **Amazônia**São PauloUSP Talks, , 2017. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=kw3SmGzDe8o&list=PLxicc7dwTJeX0bpNoJilKIcL0eGQtGipG>

AVISSAR, R.; WERTH, D. Global Hydroclimatological Teleconnections Resulting from Tropical Deforestation. **Journal of Hydrometeorology**, v. 6, n. 2, p. 134–145, 2005.

BANCO DA AMAZÔNIA. **RELATÓRIO DE GESTÃO DO EXERCÍCIO DE 2016**. [s.l: s.n.].

BARBOSA ALVIM, F. *et al.* **Cenários para a Pecuária de Corte Amazônica**. [s.l: s.n.].

BÖRNER, J. *et al.* Direct conservation payments in the Brazilian Amazon: Scope and equity implications. **Ecological Economics**, v. 69, n. 6, p. 1272–1282, 2010.

BÖRNER, J. *et al.* Forest law enforcement in the Brazilian Amazon: Costs and income effects. **Global Environmental Change**, v. 29, p. 294–305, 2014.

BÖRNER, J. *et al.* The Effectiveness of Payments for Environmental Services. **World Development**, v. 96, p. 359–374, 2017.

BÖRNER, J.; MARINHO, E.; WUNDER, S. Mixing carrots and sticks to conserve forests in the Brazilian amazon: A spatial probabilistic modeling approach. **PLoS ONE**, v. 10, n. 2, p. 1–21, 2015.

BROWN, S.; ZARIN, D. What does zero deforestation mean? **Science**, v. 342, n. 6160, p. 805–807, 2013.

CARVALHO, T. S.; DOMINGUES, E. P. Projeção de um cenário econômico e de desmatamento para a Amazônia Legal Brasileira entre 2006 e 2030. **Nova Economia**, v. 26, n. 2, p. 585–621, 2016.

CASTRO, A. S. DE; ANDRADE, D. C. O custo econômico do desmatamento da Floresta Amazônica brasileira (1988-2014). **Perspectiva Econômica**, v. 12, n. 1, p. 1–15, 2016.

CAVALCANTI, C. Concepções da economia ecológica: suas relações com a economia dominante e a economia ambiental. **Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, p. 53–67, 2010.

CELENTANO, D.; VERÍSSIMO, A. **O Avanço da Fronteira na Amazônia: do Boom ao Colapso**. [s.l.] IMAZON, 2007.

COMITÊ INTERMINISTERIAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA. **Plano Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/smcq_climaticas/_arquivos/plano_nacional_mudanca_clima.pdf>.

COSTA, R. H. Economia e valoração de serviços ambientais utilizando técnicas de preferências declaradas. **Lusíada Direito e Ambiente**, p. 384–405, 2011.

COSTANZA, R. *et al.* The value of the world´s ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, 1997.

___. Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? **Ecosystem Services**, v. 28, n. October, p. 1–16, 2017.

DALY, H.; FARLEY, J. **Ecological Economics: Principles and Aplications**. 2. ed. [s.l.] Island Press, 2004.

DALY, H.; WEINBERG, A. **The resourceful earth**. [s.l: s.n.]. v. 26

DIXON, J. A.; SHERMAN, P. B. Economics of protected areas: a new look at benefits and costs. **Economics of protected areas: a new look at benefits and costs.**, 1990.

DUCHELLE, A. E. *et al.* Linking forest tenure reform, environmental compliance, and incentives: Lessons from redd+ initiatives in the brazilian amazon. **World Development**, v. 55, p. 53–67, 2014.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2016 ano base 2015** (Ministério de Minas e Energia, Ed.). Brasília: Cambridge University Press, dez. 2016. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica/Forms/Anurio.aspx%5Cnhttp://ebooks.cambridge.org/ref/id/CBO9781107415324A009>.

EPE. **PNE2050 - Demanda de Energia**. Brasília: [s.n.]. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-202/DEA 13-15 Demanda de Energia 2050.pdf>.

FAO; JRC. **Global forest land-use change 1990–2005**. [s.l: s.n.].

FARBER, S. *et al.* Linking Ecology and Economics for Ecosystem Management. **BioScience**, v. 56, n. 2, p. 121, 2006.

FASIABEN, M. D. C. R. *et al.* Estimativa de aporte de recursos para um sistema de Pagamento por Serviços Ambientais na floresta Amazônica Brasileira. **Ambiente & sociedade**, v. 12, n. 2, p. 223–239, 2009.

FEARNSIDE, P. M. Environmental services as a strategy for sustainable development in rural Amazonia. **Ecological Economics**, v. 20, p. 53–70, 1997.

FEARNSIDE, P. M. Consequências do Desmatamento da Amazônia. **Scientific American Brasil**, v. 6, p. 54–59, 2010.

FISHER, B.; TURNER, R. K. Ecosystem services: Classi cation for valuation. **Biological Conservation**, v. 1, n. 2007, p. 8–10, 2008.

FISHER, B.; TURNER, R. K.; MORLING, P. Defining and classifying ecosystem services for decision making. **Ecological Economics**, v. 68, n. 3, p. 643–653, jan. 2009.

FONAFIFO. **Estrategia Nacional REDD+ Costa Rica**. [s.l: s.n.].

FORNAZIER, A.; VIEIRA FILHO, J. E. R. Heterogeneidade estrutural na produção agropecuária: uma comparação da produtividade total dos fatores no Brasil e nos Estados Unidos. p. 37, 2013.

FURTADO, R. **CUSTOS AMBIENTAIS DA PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**. [s.l.] Sinergia, 2016.

GASQUES, J. G. *et al.* Condicionantes da produtividade da Agropecuária Brasileira.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - Texto para Discussão, n. 1017, p. 1–33, 2004.

GEORGESCU-ROEGEN, N. **The Entropy Law and the Economic Process**. [s.l.] Harvard University Press, 1971.

GÓMEZ-BAGGETHUN, E. *et al.* The history of ecosystem services in economic theory and practice: From early notions to markets and payment schemes. **Ecological Economics**, v. 69, n. 6, p. 1209–1218, 2010.

GREEN, J. F. Don't link carbon markets. **Nature**, v. 543, n. 7646, p. 484–486, 2017.

GREENPEACE, IMAFLORA, IMAZON, ICV, IPAM, THE NATURE, W. **Desmatamento zero na Amazônia: como e por que chegar lá**, 2017.

HAMRICK, K.; GALLANT, M. Unlocking potential: State of the Voluntary Carbon Markets 2017. p. 42, 2017.

HANLEY, N.; SPASH, C. **Cost-benefit Analysis and the Environment**. [s.l: s.n.].

HAWKEN, P.; LOVINS, A.; LOVINS, H. **Natural Capitalism**. [s.l.] Hachett Book Group, 2007.

HIGUCHI, F. G. Dinâmica de volume e biomassa da floresta de terra firme do Amazonas. **Journal of Chemical Information and Modeling**, p. 201, 2015.

HIGUCHI, N. *et al.* Aboveground Biomass Estimate for Amazonian Dense Tropical Moist Forests. 1994.

HOMMA, A. K. O. **História da agricultura na Amazônia: da era pré-colombiana ao terceiro milênio**. [s.l: s.n.].

IGLIORI, D. C. Economia espacial do desenvolvimento e da conservação ambiental: uma análise sobre o uso da terra na Amazônia. **Ciência e Cultura**, v. 58, p. 29–33, 2006.

IPEA. **Agricultura, transformação produtiva e sustentabilidade**. [s.l: s.n.].

LAING, T.; TASCHINI, L.; PALMER, C. Understanding the demand for REDD+ credits. **Environmental Conservation**, v. 43, n. 4, p. 389–396, 2016.

LATAWIEC, A. E. *et al.* Improving land management in Brazil: A perspective from producers. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 240, p. 276–286, 2017.

LOOMIS, J. *et al.* Measuring the total economic value of restoring ecosystem services in an impaired river basin: Results from a contingent valuation survey. **Ecological Economics**, v. 33, n. 1, p. 103–117, 2000.

LOVEJOY, T. E.; NOBRE, C. Amazon tipping point. **Science Advances**, v. 4, n. 2, p. 2340, 2018.

MAIA, A. **VALORAÇÃO DE RECURSOS AMBIENTAIS Alexandre**. [s.l.] UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, 2002.

MAKARIEVA, A M.; GORSHKOV, V. G. Biotic pump of atmospheric moisture as driver of the hydrological cycle on land. **Nuclear Physics**, p. 2621–2673, 2006.

MAPA-MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Projeções do Agronegócio - Brasil 2015/16 a 2015/26Projeções do agronegócio: Brasil 2016/17 a 2026/27 (Projeções de longo prazo)**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-2017-finalizado.pdf>.

MARENGO, J. A. *et al.* Climatology of the low-level jet east of the Andes as derived

from the NCEP-NCAR reanalyses: Characteristics and temporal variability. **Journal of Climate**, v. 17, n. 12, p. 2261–2280, 2004.

MARGULIS, S. **Causas do Desmatamento da Amazônia Brasileira**. [s.l: s.n.]. v. 80

MAY, P.; LUSTOSA, M. C.; VINHA, V. **Economia Do Meio Ambiente**. [s.l.] Elsevier Brasil, 2010.

MAZZUCATTO, M. **O Estado Empreendedor: desmascarando o mito do setor público vs. setor privado**. 1. ed. São Paulo: [s.n.].

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO. **Orçamento da União - Exercício financeiro de 2016. Orçamento Fiscal e da Seguridade Social, Volume 1**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://www.orcamentofederal.gov.br/clientes/portalsof/portalsof/orcamentos-anuais/orcamento-2016/loa/loa-2016-volume-i.pdf>.

MITCHELL, R. C.; CARSON, R. T. Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method. **Natural Resources Journal**, v. 29, 1989.

MOTTA, R. S. DA. Manual Para Valoração. **IPEA/MMA/PNUD/CNPq**, p. 242, 1997.

MOTTA, R. S. DA; OLIVEIRA, J. M. D. DE; MARGULIS, S. Proposta de tributação ambiental na atual reforma tributária brasileira. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**, 2000.

NEPSTAD, D. *et al.* The end of deforestation in the Brazilian Amazon. **Science**, v. 326, n. December, p. 1350–1351, 2009.

___. Slowing Amazon deforestation through public policy and interventions in beef

and soy supply chains. **Science**, v. 344, n. 6888, p. 1118–1123, 2014.

NOBRE, A. A. D. É Possível Uma Produtiva Convivência Entre Agronegócio. **Revista de Política Agrícola**, v. XX, n. 4, p. 112–116, 2011.

NOBRE, A. D. **O Futuro Climático da Amazônia O Futuro Climático da Amazônia**. São José dos Campos, SP: [s.n.]. Disponível em: <http://www.ccst.inpe.br/wp-content/uploads/2014/10/Futuro-Climatico-da-Amazonia.pdf_%0AEsta>.

NUNES, C.; AZEVEDO, F. **TRIBUTOS AMBIENTAIS : UMA ANÁLISE DA CIDE- COMBUSTÍVEIS INCIDENTE NAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS PELA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO E DO GÁS**. [s.l: s.n.]. v. 2

PEARCE, D.; PRETTY, J. **Economic Values and the Natural World**. [s.l.] Earthscan, 1993.

POLINSKY, A. M.; SHAVELL, S. Chapter 6 The Theory of Public Enforcement of Law. **Handbook of Law and Economics**, v. 1, n. 07, p. 403–454, 2007.

POVEDA, G.; JARAMILLO, L.; VALLEJO, L. F. Seasonal precipitation patterns along pathways of South American low-level jets and aerial rivers. **Water Resources Research**, v. 50, n. 1, p. 98–118, 2014.

REIS, A.; FERREIRA, C. A CONTRIBUIÇÃO DE INTERVENÇÃO NO DOMÍNIO ECONÔMICO – CIDE COMO EFETIVO INSTRUMENTO DE PROTEÇÃO AO MEIO AMBIENTE. **Revista de Direito Tributário e Financeiro**, p. 160–177, 2016.

REIS, E. J.; MARGULIS, S. **Perspectivas Economicas do Desflorestamento da Amazonia**, 1991.

RIVAS, A. A. F. (ORGANIZADOR). **Economia e valoração de serviços ambientais utilizando técnicas de preferências declaradas**. [s.l.] UFAM, 2014.

RIVAS, A. A. F.; MOTA, J. A.; MACHADO, J. A. DA C. **Instrumentos econômicos para a proteção da Amazônia : a experiência do Pólo Industrial de Manaus**. [s.l: s.n.].

RIVERO, S. *et al.* Pecuária e desmatamento: Uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia. **Nova Economia**, v. 19, n. 1, p. 41–66, 2009.

ROCHEDO, P. R. R. *et al.* The threat of political bargaining to climate mitigation in Brazil. **Nature Climate Change**, p. 1, 9 jul. 2018.

SÁ, R. **AGROGÉNESE NEOLÍTICA E PRINCIPAIS TRANSFORMAÇÕES AGRÍCOLAS**Lisboa: 2001Disponível em: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/agrogenese.pdf>

SAATCHI, S. *et al.* Distribution of aboveground live biomass in the Amazon basin. **Global Change Biology**, v. 13, n. 4, p. 816–837, 2007.

SACHS, P. O. R. I. O laboratório das biocivilizações do futuro. **Pag 22**, p. 29–30, 2008.

SALATI, E.; LOVEJOY, T. E.; VOSE, P. B. Precipitation and water recycling in tropical rain forests with special reference to the amazon basin. **The Environmentalist**, v. 3, n. 1, p. 67–72, 1983.

SCHMITT, J. Crime sem castigo : a efetividade da fiscalização ambiental para o controle do desmatamento ilegal na Amazônia. p. 188, 2015.

SHEIL, D.; MURDIYARSO, D. How Forests Attract Rain: An Examination of a New Hypothesis. **BioScience**, v. 59, n. 4, p. 341–347, 2009.

SILVA DIAS, M. A. F. *et al.* Cloud and rain processes in a biosphere-atmosphere interaction context in the Amazon Region. **Journal of Geophysical Research D: Atmospheres**, v. 107, n. 20, 2002.

SISTEMA DE ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE GASES DO EFEITO ESTUFA. Análise das emissões de GEE Brasil (1970-2014) e suas implicações para políticas públicas e a contribuição brasileira para o acordo de Paris. **Observatório do clima**, p. 82, 2016.

SMITH P.; M. BUSTAMANTE; H. AHAMMAD; H. CLARK; H. DONG; E. A. ELSIDDIG; H. HABERL; R. HARPER; J. HOUSE; M. JAFARI; O. MASERA; C. MBOW; N. H. RAVINDRANATH; C. W. RICE; C. ROBLEDO ABAD; A. ROMANOVSKAYA; F. SPERLING; AND F. TUBIELLO. Agriculture, Forest and Other Land Use (AFOLU). *In*: CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS (Ed.). . [s.l.] Cambridge University Press, 2014. p. 123–135.

SOARES-FILHO, B. S. *et al.* Cenários de desmatamento para a Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 54, p. 137–152, 2005.

___. Modelling conservation in the Amazon basin. **Nature**, v. 440, n. 7083, p. 520–523, 2006.

SOARES FILHO, B. *et al.* **Modelagem setorial de opções de baixo carbono para o setor de eficações**. [s.l.] MCTI, 2017.

SPRACKLEN, D. V.; ARNOLD, S. R.; TAYLOR, C. M. Observations of increased tropical rainfall preceded by air passage over forests. **Nature**, v. 489, n. 7415, p. 282–285, 2012.

STIGLITZ, J. *et al.* **Report of the High-Level Commission on Carbon PricesIPCC**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://static1.squarespace.com/static/54ff9c5ce4b0a53decccfb4c/t/59244eed17bffc0ac256cf16/1495551740633/CarbonPricing_Final_May29.pdf>. Acesso em: 21 jun.

2018.

STRASSBURG, B. B. N. *et al.* Análise Econômica De Uma Pecuária Mais Sustentável. 2015.

SUKHDEV, P. **The economics of ecosystems & biodiversity**. [s.l: s.n.].

THOMPSON, B. S. Can Financial Technology Innovate Benefit Distribution in Payments for Ecosystem Services and REDD+? **Ecological Economics**, v. 139, p. 150–157, 2017.

VALERIANO, D. D. M. *et al.* Dimensões do Desmatamento na Amazônia Brasileira. 2010.

VALERIANO, D. M. *et al.* Dimensões do Desmatamento na Amazônia Brasileira. **Populaçãoo e Sustentabilidade na era das mudanças ambientais globais: contribuições para uma agenda brasileira.**, p. 320, 2012.

WORLD BANK; ECOFYS. State and Trends of Carbon Pricing 2017. **Washington, DC: World Bank.**, v. 88284, n. November, p. 1–135, 2017.

WUNDER, S. (COORD. . *et al.* **Pagamentos por serviços ambientais: perspectivas para a Amazônia Legal**. Brasília: MMA, 2008.

ANEXO 1 – VBP por Estado.

Tabela 24: Valor Bruto da Produção da Agropecuária por Estado da Amazônia Legal.

VALOR BRUTO DA PRODUÇÃO DA AGROPECUÁRIA POR ESTADO DA AMAZÔNIA LEGAL - IBGE, 2016. (x R$1.000.000)

ANO	RO	AC	AM	RR	PA	AP	TO	MA	MT	**AMAZ. LEGAL**
2003	2.601	885	3.684	228	10.292	146	2.332	6.013	21.953	48.134
2004	3.918	1.070	3.511	286	11.145	133	3.667	8.012	32.505	64.249
2005	3.905	981	3.192	327	11.164	174	3.673	8.435	41.200	73.050
2006	3.917	1.074	2.767	292	11.533	318	3.503	7.999	39.287	70.690
2007	3.573	964	3.077	268	12.239	350	2.966	7.291	25.308	56.036
2008	3.921	1.008	2.883	312	12.084	371	3.066	7.902	31.034	62.581
2009	4.934	1.225	2.845	322	11.908	325	4.205	11.597	41.065	78.425
2010	4.827	1.126	3.140	292	12.320	354	4.439	9.445	38.697	74.641
2011	4.971	1.539	4.039	318	14.995	372	4.486	9.332	33.380	73.433
2012	5.161	1.616	7.366	367	15.807	412	5.155	10.193	44.757	90.834
2013	6.158	1.712	6.647	422	16.918	481	5.519	10.385	53.592	101.834
2014	5.925	1.967	7.766	699	22.016	440	6.054	11.939	55.343	112.147
2015	6.469	2.116	7.339	649	19.866	442	6.891	12.397	57.321	113.488
Cresc. Anual.	7,9%	7,5%	5,9%	9,1%	5,6%	9,6%	9,4%	6,2%	8,3%	7,4%

Fonte: Elaborado pela pesquisa com dados de CONTAS REGIONAIS do IBGE (2015). Fórmula da taxa: Taxa anual = ((Valor $_{n\ final}$/Valor $_{n\ inicial}$)^1/n) – 1; Valores corrigidos pelo IPCA do período até 2018.

Tabela 25: Desmatamento acumulado por Estado (2013 - 2015)

DESMATAMENTO ACUMULADO POR ESTADO – INPE 2017 (Km²)

Ano	AC	AM	AP	MA	MT	PA	RO	RR	TO	**AMAZÔNIA Legal**
2003	18.057	29.834	3.275	105.477	174.477	215.687	66.986	7.433	27.158	**648.384**
2004	18.785	31.066	3.321	106.232	186.291	224.557	70.844	7.744	27.316	**676.156**
2005	19.377	31.841	3.354	107.154	193.436	230.456	74.088	7.877	27.587	**695.170**
2006	19.775	32.629	3.384	107.828	197.769	236.115	76.137	8.108	27.711	**709.456**
2007	19.959	33.239	3.423	108.459	200.447	241.641	77.748	8.417	27.774	**721.107**
2008	20.213	33.843	3.523	109.730	203.705	247.248	78.884	8.991	27.881	**734.018**
2009	20.380	34.248	3.593	110.558	204.754	251.529	79.366	9.112	27.942	**741.482**
2010	20.639	34.843	3.646	111.270	205.625	255.299	79.801	9.368	27.991	**748.482**
2011	20.919	35.345	3.712	111.666	206.745	258.307	80.666	9.509	28.031	**754.900**
2012	21.224	35.868	3.739	111.935	207.502	260.048	81.439	9.633	28.083	**759.471**
2013	21.445	36.451	3.762	112.338	208.641	262.394	82.371	9.803	28.157	**765.362**
2014	21.754	36.951	3.793	112.595	209.716	264.281	83.055	10.022	28.207	**770.374**
2015	22.018	37.663	3.818	112.804	211.317	266.434	84.085	10.178	28.264	**776.581**
Taxa anual	**1,67%**	**1,96%**	**1,29%**	**0,56%**	**1,61%**	**1,78%**	**1,91%**	**2,65%**	**0,33%**	**1,51%**

Fonte: Elaborado pela pesquisa a partir de dados do INPE (2017); Fórmula da taxa: Taxa anual = ((Valor $_{n\ final}$/Valor $_{n\ inicial}$)^1/n) – 1.

ANEXO 2 – Dados de uso do solo na Amazônia Legal

Tabela 26: Dados de uso do solo na Amazônia referentes a 2009.

USO E COBERTURA DO SOLO (km²)	AC	AP	AM	MA	MT	PA	RO	RR	TO	TOTAL
Floresta	144.620	110.839	1.426.483	36.038	316.875	888.483	128.109	152.577	10.023	3.214.047
Não Floresta	70	25.644	48.330	112.617	377.308	73.662	24.444	60.895	230.292	953.262
Hidrografia	241	3.617	52.194	4.416	4.768	44.331	2.081	1.759	1.505	114.912
Desmatamento 2008	269	60	545	1.154	3.180	4.752	950	445	103	11.458
Desmatamento 2009 a 2012	1.011	216	2.025	2.205	3.797	12.800	2.555	642	202	25.453
Agricultura anual	-	1	104	225	30.952	2.100	1.440	17	87	34.926
Mosaico de ocupações	1.522	198	2.919	4.535	2.292	11.388	775	748	40	24.417
Área urbana	231	89	477	782	468	1.251	431	32	56	3.817
Mineração	-	16	48	7	238	331	91	1	1	733
Outros	19	32	59	93	122	134	12	2	6	479
Pasto limpo	11.498	387	6.598	31.132	107.499	107.252	52.871	2.679	15.798	335.714
Pasto sujo	905	144	1.683	7.058	17.984	22.662	6.854	921	4.611	62.822
Regeneração com pasto	621	315	2.200	8.781	11.299	16.209	5.871	910	1.892	48.098
Pasto solo exposto	1	-	1	7	336	244	2	-	4	595
Vegetação secundária	3.786	1.003	15.671	21.535	27.988	57.625	13.349	2.464	7.395	150.816
Área não observada	386	469	1.651	22.199	2.147	17.369	301	848	35	45.405
TOTAL POR ESTADO	164.170	142.815	1.558.964	250.580	903.457	1.247.794	237.582	224.299	71.849	5.001.502

Fonte: TERRACLASS, 2011

Tabela 1 – Evolução das áreas mapeadas pelo projeto TerraClass nos anos de 2004, 2008, 2010, 2012 e 2014.

Classes	Área (km²)					Proporções (%)				
	2004	2008	2010	2012	2014	2004	2008	2010	2012	2014
Agricultura Anual	18.354	34.927	39.978	42.346	45.050	3,0	4,9	5,4	5,6	5,9
Área não observada	48.566	45.406	45.849	69.132	30.056	7,9	6,4	6,2	9,2	4,0
Área Urbana	2.579	3.818	4.474	5.341	6.010	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Mineração	799	731	967	1.049	1.272	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
Mosaico de ocupações	16.284	24.417	17.963	9.590	16.256	2,7	3,4	2,4	1,3	2,1
Outros	4.637	478	2.731	6.113	7.752	0,8	0,1	0,4	0,8	1,0
Pasto com solo exposto	106	594	373	43	63	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
Pasto limpo	306.039	335.715	339.852	345.420	377.470	49,8	47,4	45,9	46,0	49,6
Pasto sujo	55.250	62.824	56.077	50.472	60.199	9,0	8,9	7,6	6,7	7,9
Regeneração com pasto	60.641	48.027	63.165	46.468	42.028	9,9	6,8	8,5	6,2	5,5
Reflorestamento[1]	0	0	3.015	3.176	2.922	0,0	0,0	0,4	0,4	0,4
Vegetação secundária	100.674	150.815	165.229	172.190	173.387	16,4	21,3	22,3	22,9	22,8
Total	613.928	707.752	739.673	751.340	762.464	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

[1] A classe reflorestamento começou a ser mapeada no Projeto TerraClass apenas a partir do ano 2010.

ANEXO 3 – Dados de produtividade e desmatamento acumulado por Estado

Tabela 27: Taxa de produtividade da agropecuária na Amazônia Legal ponderado pelo floresta Amazônica e pela participação do Estado na formação do VBP na região (valores nominais em 2015).

ANO	RO	AC	AM	RR	PA	AP	TO	MA	MT	Produtividade média da agropecuária por hectare desmatado do floresta Amazônica na Amazônia Legal
2003	19,7	8,2	65,6	1,0	76,7	1,6	1,9	17,2	290,1	R$482
2004	28,1	9,6	60,0	1,2	79,8	1,5	3,0	22,8	402,3	R$608
2005	26,8	8,5	53,3	1,3	77,8	1,9	3,0	23,8	491,1	R$687
2006	26,1	9,1	45,0	1,1	78,5	3,4	2,8	22,4	458,0	R$647
2007	23,3	8,1	49,2	1,0	81,4	3,7	2,4	20,3	291,1	R$481
2008	25,2	8,4	45,2	1,1	78,5	3,8	2,5	21,8	351,2	R$538
2009	31,6	10,1	44,1	1,1	76,1	3,3	3,4	31,7	462,4	R$664
2010	30,7	9,2	47,9	1,0	77,6	3,5	3,6	25,7	433,9	R$633
2011	31,3	12,4	60,7	1,1	93,3	3,7	3,6	25,3	372,2	R$603
2012	32,2	12,8	109,1	1,2	97,7	4,0	4,1	27,5	497,3	R$786
2013	38,0	13,4	96,9	1,4	103,6	4,7	4,4	27,9	592,2	R$882
2014	36,2	15,2	111,6	2,2	133,9	4,2	4,8	32,1	608,4	R$949
2015	39,1	16,1	103,5	2,0	119,8	4,2	5,5	33,2	625,4	R$949
Taxa de crescimento anual	5,9%	5,8%	3,9%	6,3%	3,8%	8,2%	9,1%	5,6%	6,6%	5,81%

Tabela 28: Desmatamento anual e acumulado do desmatamento na Amazônia (INPE)

ANO	AC	AC acum.	AM	AM Acum.	AP	AP acum.	MA	MA acum.	MT	MT acum.	PA	PA acum.	RO	RO acum.	RR	RR acum.	TO	TO acum.	AL	AL acum.
Até1977	2.500	2.500	200	200	1.700	1.700	63.900	63.900	20.000	20.000	56.400	56.400	4.200	4.200	100	100	3.200	3.200	152.200	152.200
1978	620	3.120	1.510	1.710	60	1.760	2.450	66.350	5.140	25.140	6.990	63.390	2.340	6.540	290	390	1.650	4.850	21.050	173.250
1979	620	3.740	1.510	3.220	60	1.820	2.450	68.800	5.140	30.280	6.990	70.380	2.340	8.880	290	680	1.650	6.500	21.050	194.300
1980	620	4.360	1.510	4.730	60	1.880	2.450	71.250	5.140	35.420	6.990	77.370	2.340	11.220	290	970	1.650	8.150	21.050	215.350
1981	620	4.980	1.510	6.240	60	1.940	2.450	73.700	5.140	40.560	6.990	84.360	2.340	13.560	290	1.260	1.650	9.800	21.050	236.400
1982	620	5.600	1.510	7.750	60	2.000	2.450	76.150	5.140	45.700	6.990	91.350	2.340	15.900	290	1.550	1.650	11.450	21.050	257.450
1983	620	6.220	1.510	9.260	60	2.060	2.450	78.600	5.140	50.840	6.990	98.340	2.340	18.240	290	1.840	1.650	13.100	21.050	278.500
1984	620	6.840	1.510	10.770	60	2.120	2.450	81.050	5.140	55.980	6.990	105.330	2.340	20.580	290	2.130	1.650	14.750	21.050	299.550
1985	620	7.460	1.510	12.280	60	2.180	2.450	83.500	5.140	61.120	6.990	112.320	2.340	22.920	290	2.420	1.650	16.400	21.050	320.600
1986	620	8.080	1.510	13.790	60	2.240	2.450	85.950	5.140	66.260	6.990	119.310	2.340	25.260	290	2.710	1.650	18.050	21.050	341.650
1987	620	8.700	1.510	15.300	60	2.300	2.450	88.400	5.140	71.400	6.990	126.300	2.340	27.600	290	3.000	1.650	19.700	21.050	362.700
1988(a)	620	9.320	1.510	16.810	60	2.360	2.450	90.850	5.140	76.540	6.990	133.290	2.340	29.940	290	3.290	1.650	21.350	21.050	383.750
1989	540	9.860	1.180	17.990	130	2.490	1.420	92.270	5.960	82.500	5.750	139.040	1.430	31.370	630	3.920	730	22.080	17.770	401.520
1990	550	10.410	520	18.510	250	2.740	1.100	93.370	4.020	86.520	4.890	143.930	1.670	33.040	150	4.070	580	22.660	13.730	415.250
1991	380	10.790	980	19.490	410	3.150	670	94.040	2.840	89.360	3.780	147.710	1.110	34.150	420	4.490	440	23.100	11.030	426.280
1992	400	11.190	799	20.289	36	3.186	1.135	95.175	4.674	94.034	3.787	151.497	2.265	36.415	281	4.771	409	23.509	13.786	440.066
1993(b)	482	11.672	370	20.659		3.186	372	95.547	6.220	100.254	4.284	155.781	2.595	39.010	240	5.011	333	23.842	14.896	454.962
1994(b)	482	12.154	370	21.029		3.186	372	95.919	6.220	106.474	4.284	160.065	2.595	41.605	240	5.251	333	24.175	14.896	469.858
1995	1.208	13.362	2.114	23.143	9	3.195	1.745	97.664	10.391	116.865	7.845	167.910	4.730	46.335	220	5.471	797	24.972	29.059	498.917
1996	433	13.795	1.023	24.166		3.195	1.061	98.725	6.543	123.408	6.135	174.045	2.432	48.767	214	5.685	320	25.292	18.161	517.078
1997	358	14.153	589	24.755	18	3.213	409	99.134	5.271	128.679	4.139	178.184	1.986	50.753	184	5.869	273	25.565	13.227	530.305
1998	536	14.689	670	25.425	30	3.243	1.012	100.146	6.466	135.145	5.829	184.013	2.041	52.794	223	6.092	576	26.141	17.383	547.688
1999	441	15.130	720	26.145		3.243	1.230	101.376	6.963	142.108	5.111	189.124	2.358	55.152	220	6.312	216	26.357	17.259	564.947
2000	547	15.677	612	26.757		3.243	1.065	102.441	6.369	148.477	6.671	195.795	2.465	57.617	253	6.565	244	26.601	18.226	583.173

2001	419	16.096	634	27.391	7	3.250	958	103.399	7.703	156.180	5.237	201.032	2.673	60.290	345	6.910	189	26.790	18.165	601.338
2002	883	16.979	885	28.276	-	3.250	1.085	104.484	7.892	164.072	7.510	208.542	3.099	63.389	84	6.994	212	27.002	21.650	622.988
2003	1.078	18.057	1.558	29.834	25	3.275	993	105.477	10.405	174.477	7.145	215.687	3.597	66.986	439	7.433	156	27.158	25.396	648.384
2004	728	18.785	1.232	31.066	46	3.321	755	106.232	11.814	186.291	8.870	224.557	3.858	70.844	311	7.744	158	27.316	27.772	676.156
2005	592	19.377	775	31.841	33	3.354	922	107.154	7.145	193.436	5.899	230.456	3.244	74.088	133	7.877	271	27.587	19.014	695.170
2006	398	19.775	788	32.629	30	3.384	674	107.828	4.333	197.769	5.659	236.115	2.049	76.137	231	8.108	124	27.711	14.286	709.456
2007	184	19.959	610	33.239	39	3.423	631	108.459	2.678	200.447	5.526	241.641	1.611	77.748	309	8.417	63	27.774	11.651	721.107
2008	254	20.213	604	33.843	100	3.523	1.271	109.730	3.258	203.705	5.607	247.248	1.136	78.884	574	8.991	107	27.881	12.911	734.018
2009	167	20.380	405	34.248	70	3.593	828	110.558	1.049	204.754	4.281	251.529	482	79.366	121	9.112	61	27.942	7.464	741.482
2010	259	20.639	595	34.843	53	3.646	712	111.270	871	205.625	3.770	255.299	435	79.801	256	9.368	49	27.991	7.000	748.482
2011	280	20.919	502	35.345	66	3.712	396	111.666	1.120	206.745	3.008	258.307	865	80.666	141	9.509	40	28.031	6.418	754.900
2012	305	21.224	523	35.868	27	3.739	269	111.935	757	207.502	1.741	260.048	773	81.439	124	9.633	52	28.083	4.571	759.471
2013	221	21.445	583	36.451	23	3.762	403	112.338	1.139	208.641	2.346	262.394	932	82.371	170	9.803	74	28.157	5.891	765.362
2014	309	21.754	500	36.951	31	3.793	257	112.595	1.075	209.716	1.887	264.281	684	83.055	219	10.022	50	28.207	5.012	770.374
2015	264	22.018	712	37.663	25	3.818	209	112.804	1.601	211.317	2.153	266.434	1.030	84.085	156	10.178	57	28.264	6.207	776.581
2016	372	22.390	1.129	38.792	17	3.835	258	113.062	1.489	212.806	2.992	269.426	1.376	85.461	202	10.380	58	28.322	7.893	784.474
2017																			6.791	791.265

Tabela 29: Variação da produtividade e do desmatamento na Amazônia.

ANO	Variação da produtividade na AGROPECUÁRIA na AMAZÔNIA LEGAL (2003 = 100%)	Variação da taxa de desmatamento em relação ao ano anterior (2003 = 100%)
2003	100%	100%
2004	126%	109%
2005	143%	75%
2006	134%	56%
2007	100%	46%
2008	112%	51%
2009	138%	29%
2010	131%	28%
2011	125%	25%
2012	163%	18%
2013	183%	23%
2014	197%	20%
2015	197%	24%
Tx anual	5,81%	-11,08%

ANEXO 4 – Desmatamento anual na Amazônia Legal

Tabela 30: Evolução do desmatamento na Amazônia.

ANO	Desmatamento acumulado até 2017 (KM²)	Desmatamento anual
Até 1977	152.200	-
1978	173.250	21.050
1979	194.300	21.050
1980	215.350	21.050
1981	236.400	21.050
1982	257.450	21.050
1983	278.500	21.050
1984	299.550	21.050
1985	320.600	21.050
1986	341.650	21.050
1987	362.700	21.050
1988 (a)	383.750	21.050
1989	401.520	17.770
1990	415.250	13.730
1991	426.280	11.030
1992	440.066	13.786
1993 (b)	454.962	14.896
1994 (b)	469.858	14.896
1995	498.917	29.059
1996	517.078	18.161
1997	530.305	13.227
1998	547.688	17.383
1999	564.947	17.259
2000	583.173	18.226
2001	601.338	18.165
2002	622.988	21.650

2003	648.384	25.396
2004	676.156	27.772
2005	695.170	19.014
2006	709.456	14.286
2007	721.107	11.651
2008	734.018	12.911
2009	741.482	7.464
2010	748.482	7.000
2011	754.900	6.418
2012	759.471	4.571
2013	765.362	5.891
2014	770.374	5.012
2015	776.581	6.207
2016	784.474	7.893
2017	791.265	6.791

Fonte: INPE

ANEXO 5 – Projeções compensação e total VBP

Tabela 31: Projeções cenário DcS.

CÁLCULO DA COMPENSAÇÃO COM BASE NA PRODUTIVIDADE DA AGROPECUÁRIA E TAXA DE CRESCIMENTO DA PRODUTIVIDADE DE 1,8% AO ANO E DE 0,9328% PARA O DESMATAMENTO ANUAL.						
ANO	Produtividade da agropecuária por hectare desmatado de floresta Amazônica na Amazônia Legal (R$/HECTARE) NO CENÁRIO DcS 1,80%	PRODUTIVIDADE DA AGROPECUÁRIA POR KM² desmatado de floresta Amazônica na Amazônia Legal (R$/KM²)	PROJEÇÃO DO DESMATAMENTO ACUMULADO NO CENÁRIO DcS A PARTIR DE 2018 (conforme Curva E)	DESMATAMENTO ANUAL evitado com base na curva de desmatamento zero a partir de 2028 (KM²) - área de renúncia para a agropecuária	COMPENSAÇÃO ANUAL com base no valor da renúncia econômica do cenário DLZ (R$)	VALOR BRUTO DA PRODUÇÃO NO CENÁRIO DE DcS (R$)
2015	**1.105**	**110.518**	776.581			
2016	1.125	112.508	784.474			
2017	1.145	114.533	791.265			
2018	1.165	116.594	798.292	854	99.532.351	93.076.803.773
2019	1.186	118.693	805.382	1.533	182.008.720	95.593.688.972
2020	1.208	120.830	812.535	2.214	267.488.961	98.178.633.138
2021	1.230	123.005	819.751	2.895	356.056.304	100.833.476.650
2022	1.252	125.219	827.031	3.576	447.796.048	103.560.109.653
2023	1.274	127.473	834.376	4.258	542.795.614	106.360.473.402
2024	1.297	129.767	841.786	4.941	641.144.594	109.236.561.648
2025	1.321	132.103	849.262	5.624	742.934.803	112.190.422.052
2026	1.344	134.481	856.805	6.308	848.260.328	115.224.157.648
2027	1.369	136.901	864.414	6.992	957.217.586	118.339.928.336
2028	1.393	139.366	872.091	7.677	1.069.905.377	121.539.952.424
2029	1.418	141.874	879.836	7.745	1.098.836.635	124.826.508.204
2030	1.444	144.428	887.650	7.814	1.128.550.222	128.201.935.574
2031	1.470	147.028	895.533	7.883	1.159.067.292	131.668.637.706
2032	1.496	149.674	903.487	7.953	1.190.409.573	135.229.082.758

2033	1.523	152.368	911.510	8.024	1.222.599.378	138.885.805.627
2034	1.551	155.111	919.606	8.095	1.255.659.627	142.641.409.756
2035	1.579	157.903	927.773	8.167	1.289.613.856	146.498.568.988
2036	1.607	160.745	936.012	8.240	1.324.486.240	150.460.029.471
2037	1.636	163.639	944.325	8.313	1.360.301.606	154.528.611.608
2038	1.665	166.584	952.712	8.387	1.397.085.454	158.707.212.072
2039	1.695	169.583	961.173	8.461	1.434.863.972	162.998.805.862
2040	1.726	172.635	969.709	8.536	1.473.664.057	167.406.448.425
2041	1.757	175.743	978.321	8.612	1.513.513.333	171.933.277.831
2042	1.789	178.906	987.010	8.689	1.554.440.172	176.582.517.004
2043	1.821	182.126	995.776	8.766	1.596.473.711	181.357.476.021
2044	1.854	185.405	1.004.619	8.844	1.639.643.877	186.261.554.467
2045	1.887	188.742	1.013.541	8.922	1.683.981.405	191.298.243.852
2046	1.921	192.139	1.022.543	9.001	1.729.517.862	196.471.130.104
2047	1.955	195.598	1.031.624	9.081	1.776.285.668	201.783.896.114
2048	1.991	199.119	1.040.786	9.162	1.824.318.120	207.240.324.364
2049	2.027	202.703	1.050.029	9.243	1.873.649.415	212.844.299.618
2050	2.063	206.351	1.059.355	9.325	1.924.314.675	218.599.811.687
				234.135	**38.606.416.852**	

Fonte: Projeções da pesquisa

Tabela 32: Projeções para cenário DLZ

PROJEÇÕES CENÁRIO DLZ					
ANO	Produtividade da agropecuária por hectare desmatado de floresta Amazônica na Amazônia Legal (R$/HECTARE) NO CENÁRIO DZ	PRODUTIVIDADE DA AGROPECUÁRIA POR KM² desmatado de floresta Amazônica na Amazônia Legal (R$/KM²)	DESMATAMENTO ACUMULADO NO CENÁRIO DLZ A PARTIR DE 2028 (KM²)	DESMATAMENTO ANUAL ZERO A PARTIR DE 2028 (KM²)	VALOR BRUTO DA PRODUÇÃO NO CENÁRIO DE DLZ (R$)
	3,43%		0,9328%		
2015	**1.105**	**110.519**	-	-	
2016	1.125	112.508	-	-	
2017	1.145	114.533	791.265	-	
2018	1.166	116.595	798.292	6.174	93.076.803.773
2019	1.206	120.593	804.466	5.556	97.013.039.042
2020	1.247	124.728	810.022	4.939	101.032.780.594
2021	1.290	129.006	814.961	4.322	105.134.486.365
2022	1.334	133.429	819.283	3.704	109.316.319.787
2023	1.380	138.005	822.987	3.087	113.576.128.302
2024	1.427	142.737	826.074	2.469	117.911.420.635
2025	1.476	147.632	828.543	1.852	122.319.342.777
2026	1.527	152.694	830.395	1.235	126.796.652.600
2027	1.579	157.930	831.630	617	131.339.693.038
2028	1.633	163.346	831.630	-	135.843.519.821
2029	1.689	168.947	831.630	-	140.501.789.296
2030	1.747	174.741	831.630	-	145.319.797.525
2031	1.807	180.733	831.630	-	150.303.022.177
2032	1.869	186.931	831.630	-	155.457.128.764
2033	1.933	193.341	831.630	-	160.787.977.070
2034	2.000	199.971	831.630	-	166.301.627.824

2035	2.068	206.828	831.630	-	172.004.349.585
2036	2.139	213.920	831.630	-	177.902.625.868
2037	2.213	221.256	831.630	-	184.003.162.520
2038	2.288	228.843	831.630	-	190.312.895.339
2039	2.367	236.691	831.630	-	196.838.997.962
2040	2.448	244.807	831.630	-	203.588.890.021
2041	2.532	253.202	831.630	-	210.570.245.576
2042	2.619	261.885	831.630	-	217.791.001.845
2043	2.709	270.865	831.630	-	225.259.368.221
2044	2.802	280.153	831.630	-	232.983.835.610
2045	2.898	289.760	831.630	-	240.973.186.085
2046	2.997	299.696	831.630	-	249.236.502.866
2047	3.100	309.973	831.630	-	257.783.180.653
2048	3.206	320.603	831.630	-	266.622.936.301
2049	3.316	331.597	831.630	-	275.765.819.871
2050	3.430	342.968	831.630	-	285.222.226.055
				33.955	

Fonte: Projeções da pesquisa

ANEXO 6 – Dados economia primária na Amazônia Legal

Tabela 33: Dados comparativos da produção agropecuária e florestal por Estado da Amazônia Legal.

UF	Extrativismo Vegetal			Agropecuária			Agropec & Floresta
	Madeireiro & não madeireiro	Não madeireiro	Madeireiro	Agro (temp+perm)	Pec	Subtotal agropec	Total
AC	80.754	47.541	33.213	549.596	358.557	908.153	988.907
AP	39.045	3.964	35.081	178.796	116.646	295.442	334.487
AM	298.317	163.720	134.597	1.360.218	887.409	2.247.627	2.545.944
PA	1.457.353	368.250	1.089.103	6.329.316	4.129.261	10.458.577	11.915.930
MA	352.692	127.868	224.824	3.886.487	2.535.553	6.422.040	6.774.732
MT	627.051	7.865	619.186	36.764.804	23.985.450	60.750.254	61.377.305
RO	185.331	10.508	174.823	2.003.693	1.307.214	3.310.907	3.496.238
RO	37.827	497	37.330	531.421	346.700	878.121	915.948
TO	88.143	276	87.867	3.192.857	2.083.027	5.275.884	5.364.027
Total	3.166.513	730.489	2.436.024	54.797.188	35.749.823	90.547.011	93.713.524
Part.	3,38%	0,78%	2,60%	58,47%	38,15%	96,62%	100%
Participação no setor florestal		23,07%	76,93%				

Fonte: Elaborado pela pesquisa com dados do IBGE, 2015. Nota metodológica: (i) Os valores referentes ao extrativismo vegetal madeireiro e não madeireiro foram obtido pelo relatório PEVS Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura (IBGE); (ii) Os valores referentes a agricultura temporária e permanente foram obtidos pelo relatório PAM – Produção Agrícola Municipal do IBGE; (iii) Os valores referente à pecuária foi obtido a partir da diferença entre o total nos relatórios Contas Regionais do IBGE para o agregado do setor agropecuário. (iv) Todos os valores são correntes.

ANEXO 7 – Projeções VBP DLZ versus DcS

Tabela 34: Projeções para VBP total nos cenários DLZ e DcS, saldo e valores de compensação.

Ano	VBP cenário DcS (Tx cresc. Produtividade de 1,8 % a.a.)	VBP cenário DLZ (Tx cresc. Produtividade de 3,43% a.a.)	Fluxo de caixa	Investimento (CO da agropec + US$2,5/tCO2eq) US$1=R$3,7
2018	R$93.076.803.773	R$93.076.803.773	R$-	R$2.994.887.581
2019	R$95.593.688.972	R$97.013.039.042	R$1.419.350.070	R$5.382.950.665
2020	R$98.178.633.138	R$101.032.780.594	R$2.854.147.457	R$7.775.897.536
2021	R$100.833.476.650	R$105.134.486.365	R$4.301.009.715	R$10.173.828.118
2022	R$103.560.109.653	R$109.316.319.787	R$5.756.210.135	R$12.576.844.555
2023	R$106.360.473.402	R$113.576.128.302	R$7.215.654.900	R$14.985.051.260
2024	R$109.236.561.648	R$117.911.420.635	R$8.674.858.987	R$17.398.554.972
2025	R$112.190.422.052	R$122.319.342.777	R$10.128.920.725	R$19.817.464.799
2026	R$115.224.157.648	R$126.796.652.600	R$11.572.494.952	R$22.241.892.282
2027	R$118.339.928.336	R$131.339.693.038	R$12.999.764.702	R$24.671.951.442
2028	R$121.539.952.424	R$135.843.519.821	R$14.303.567.397	R$27.107.758.841
2029	R$124.826.508.204	R$140.501.789.296	R$15.675.281.093	R$27.367.934.629
2030	R$128.201.935.574	R$145.319.797.525	R$17.117.861.951	R$27.630.946.450
2031	R$131.668.637.706	R$150.303.022.177	R$18.634.384.471	R$27.896.833.697
2032	R$135.229.082.758	R$155.457.128.764	R$20.228.046.005	R$28.165.636.498
2033	R$138.885.805.627	R$160.787.977.070	R$21.902.171.443	R$28.437.395.732
2034	R$142.641.409.756	R$166.301.627.824	R$23.660.218.068	R$28.712.153.047
2035	R$146.498.568.988	R$172.004.349.585	R$25.505.780.597	R$28.989.950.877
2036	R$150.460.029.471	R$177.902.625.868	R$27.442.596.397	R$29.270.832.458
2037	R$154.528.611.608	R$184.003.162.520	R$29.474.550.912	R$29.554.841.851
2038	R$158.707.212.072	R$190.312.895.339	R$31.605.683.267	R$29.842.023.959

2039	R$162.998.805.862	R$196.838.997.962	R$33.840.192.100	R$30.132.424.547
2040	R$167.406.448.425	R$203.588.890.021	R$36.182.441.596	R$30.426.090.262
2041	R$171.933.277.831	R$210.570.245.576	R$38.636.967.746	R$30.723.068.652
2042	R$176.582.517.004	R$217.791.001.845	R$41.208.484.841	R$31.023.408.192
2043	R$181.357.476.021	R$225.259.368.221	R$43.901.892.200	R$31.327.158.300
2044	R$186.261.554.467	R$232.983.835.610	R$46.722.281.144	R$31.634.369.363
2045	R$191.298.243.852	R$240.973.186.085	R$49.674.942.233	R$31.945.092.760
2046	R$196.471.130.104	R$249.236.502.866	R$52.765.372.763	R$32.259.380.882
2047	R$201.783.896.114	R$257.783.180.653	R$55.999.284.539	R$32.577.287.162
2048	R$207.240.324.364	R$266.622.936.301	R$59.382.611.937	R$32.898.866.092
2049	R$212.844.299.618	R$275.765.819.871	R$62.921.520.253	R$33.224.173.257
2050	R$218.599.811.687	R$285.222.226.055	R$66.622.414.368	R$33.553.265.353
Total	R$4.860.559.794.806	R$5.758.890.753.769	R$898.330.958.963	R$832.720.216.072

ANEXO 8 – Dados de energia

Tabela 35: Projeções para VBP total nos cenários DLZ e DcS, saldo e valores de compensação.

Tabela 3.3 Consumo por classe (GWh)	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**∆%(2016/2015)**	**Part.% (2016)**
Brasil	**448.177**	**463.134**	**474.823**	**464.976**	**460.829**	**-0,9**	100
Residencial	117.646	124.908	132.302	131.190	132.872	1,3	28,8
Industrial	183.475	184.685	179.106	168.856	164.557	-2,5	35,7
Comercial	79.226	83.704	89.840	90.768	87.873	-3,2	19,1
Rural	22.952	23.455	25.671	25.899	27.266	5,3	5,9
Poder público	14.077	14.653	15.354	15.189	15.092	-0,6	3,3
Iluminação pública	12.916	13.512	14.043	15.333	15.035	-1,9	3,3
Serviço público	14.525	14.847	15.242	14.730	14.969	1,6	3,2
Próprio	3.360	3.371	3.265	3.011	3.164	5,1	0,7

Fonte EPE

Tabela 3.52 Consumo médio total por subsistema, região e UF (kWh/mês)	2012	2013	2014	2015	2016	Δ%(2016/2015)
Brasil	**516,0**	**515,9**	**512,7**	**491,2**	**476,3**	**-3,0**
Subsistemas elétricos	**516,0**	**515,9**	**512,7**	**489,8**	**476,3**	**-2,8**
Sistemas Isolados	487,4	531,0	328,3	351,0	300,5	-14,4
Norte	572,8	530,6	531,8	488,8	479,1	-2,0
Nordeste	314,5	327,1	331,2	326,0	320,5	-1,7
Sudeste/C.Oeste	577,3	573,9	567,2	540,6	522,9	-3,3
Sul	591,4	594,7	609,2	576,8	568,5	-1,5
Regiões geográficas	**516,0**	**515,9**	**512,7**	**489,8**	**476,3**	**-2,8**
Norte	**565,9**	**559,7**	**568,1**	**561,7**	**548,7**	**-2,3**
Rondônia	429,3	432,3	434,9	423,8	401,6	-5,2
Acre	308,3	309,0	307,8	331,8	333,4	0,5
Amazonas	599,5	601,0	607,5	589,7	528,1	-10,4
Roraima	427,9	435,0	465,9	493,2	489,5	-0,7
Pará	719,5	695,7	701,7	687,5	679,2	-1,2
Amapá	423,7	439,8	444,4	450,0	466,0	3,6
Tocantins	268,8	288,7	297,1	304,7	320,6	5,2
Nordeste	**332,1**	**338,4**	**331,1**	**318,8**	**311,8**	**-2,2**
Maranhão	478,6	431,1	329,9	259,3	241,1	-7,0
Piauí	214,5	218,7	224,8	233,9	229,5	-1,9
Ceará	272,3	282,8	287,2	279,4	290,6	4,0
Rio Grande do Norte	334,8	346,3	349,4	340,9	335,8	-1,5
Paraíba	272,7	281,7	282	277	272,4	-1,5
Pernambuco	303,8	323,6	326,6	322,4	315,5	-2,2
Alagoas	389,7	405,9	406,3	391,0	363,7	-7,0
Sergipe	395,7	401,2	391,3	376,3	361,8	-3,9

Bahia	347,1	360,1	368,5	365,1	355,3	-2,7
Sudeste	**600,5**	**594,6**	**585,8**	**555,4**	**536,6**	**-3,4**
São Paulo	671,4	663,2	649,8	609,3	581,8	-4,5
Minas Gerais	550,6	538,2	525,8	498,0	499,6	0,3
Espírito Santo	586,9	591,2	595,3	580,1	506,1	-12,8
Rio de Janeiro	485,2	490,6	496	484	473,2	-2,2
Sul	**591,4**	**594,7**	**609,2**	**576,8**	**568,5**	**-1,5**
Paraná	556,6	561,4	568,0	544,5	529,5	-2,8
Santa Catarina	706,8	709,5	727,9	682,7	675,1	-1,1
Rio Grande do Sul	556,0	557,8	577,7	543,2	540,5	-0,5
Centro-Oeste	**460,8**	**472,3**	**477,4**	**470,1**	**458,7**	**-2,4**
Mato Grosso do Sul	418,1	440,4	444,8	429,6	412,9	-3,9
Mato Grosso	487,0	513,1	526,7	521,6	503,9	-3,4
Goiás	426,8	428,5	431,5	433,7	431,0	-0,6
Distrito Federal	565,5	574,7	575,3	547,4	523,7	-4,3

Fonte EPE

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE

DIRETORIA DE ECONOMIA DA ENERGIA E MEIO AMBIENTE – DEA

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E ENERGÉTICOS – SEE

CONSUMO NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA NA REDE POR CLASSE: 1995 - 2013

CONSUMO (GWh)	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
BRASIL	243074,2	257330,3	273280	284522,1	292188,1	307528,8	283257,3	293226,4	306986,8
RESIDENCIAL	63576,09	68581,28	74089,15	79340	81291,21	83613,37	73622,21	72718,31	76162,17
INDUSTRIAL	111626,2	117127,6	121717,1	121979,1	123892,6	131278,2	122538,8	130927,3	136220,6
COMERCIAL	32276,26	34387,69	38197,5	41544,09	43587,93	47626,19	44433,62	45221,52	47531,45
OUTROS	35595,7	37233,74	39276,17	41658,91	43416,39	45011,03	42662,69	44359,28	47072,53
CRESCIMENTO (%)	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
BRASIL	7,778627	5,864916	6,198125	4,113795	2,694338	5,250263	-7,89241	3,519453	4,692731
RESIDENCIAL	13,61882	7,872754	8,031158	7,087199	2,459307	2,856592	-11,9492	-1,22775	4,735896
INDUSTRIAL	3,960797	4,928445	3,918408	0,215255	1,568672	5,96128	-6,65713	6,845603	4,042915
COMERCIAL	11,89614	6,541756	11,07899	8,76128	4,919688	9,264626	-6,7034	1,773199	5,108039
OUTROS	6,710565	4,601795	5,485443	6,066626	4,218738	3,672908	-5,21726	3,976755	6,116532
CONSUMO (GWh)	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
BRASIL	329707,4	344283,7	356129,3	377030	388472,4	384306,4	415682,7	433033,6	448126,4
RESIDENCIAL	78470,11	82644,26	85783,83	89885,37	94746,39	100776,2	107214,7	111970,7	117645,8
INDUSTRIAL	154162,9	158609,9	163180,4	174368,8	175834,1	161798,7	179478,3	183575,5	183424,8
COMERCIAL	49685,89	53034,56	55368,74	58647	61812,9	65254,56	69170	73481,52	79226,36
OUTROS	47388,5	49994,94	51796,35	54128,87	56079,05	56476,99	59819,73	64005,86	67829,35
CRESCIMENTO (%)	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
BRASIL	7,401187	4,420964	3,440663	5,868851	3,034874	-1,07241	8,164403	4,174073	3,485362
RESIDENCIAL	3,030297	5,319409	3,798896	4,781258	5,408018	6,364128	6,388911	4,435956	5,068456

INDUSTRIAL	13,17151	2,8846	2,881591	6,856444	0,840336	-7,98218	10,92694	2,282861	-0,0821
COMERCIAL	4,532658	6,739689	4,401238	5,920784	5,398225	5,56787	6,000247	6,233232	7,818064
OUTROS	0,671241	5,500162	3,603175	4,503243	3,602858	0,709597	5,918768	6,997918	5,973644
CONSUMO (GWh)	2013	2014	2015	2016	2017				
BRASIL	463142,5	474822,7	465289,9	461484,1	465130,1				
RESIDENCIAL	124908	132301,9	131189,8	132872,1	133904,3				
INDUSTRIAL	184684,6	179105,7	169170	165213	167065,2				
COMERCIAL	83703,88	89840,46	90767,54	87872,84	88129,08				
OUTROS	69846,09	73574,69	74162,6	75526,15	76031,48				
CRESCIMENTO (%)	2013	2014	2015	2016	2017				
BRASIL	3,350863	2,521942	-2,00765	-0,81795	0,790064				
RESIDENCIAL	6,172859	5,919469	-0,84056	1,282354	0,776864				
INDUSTRIAL	0,686776	-3,02076	-5,54738	-2,33907	1,121103				
COMERCIAL	5,651559	7,331296	1,03192	-3,18914	0,291606				
OUTROS	2,973268	5,338308	0,799065	1,838584	0,669084				
Obs: apuração até 2003 - Eletrobras; a partir de 2004 - EPE									