

CATEGORIA PROFISSIONAL



1º *Lugar*

003P

ALAN FERREIRA BATISTA

29 *Anos*

SÃO PAULO - SP

O Uso de Ferramentas de Otimização
para Concessões Florestais na Amazônia: uma
Abordagem Econômica

Serviço Florestal Brasileiro do Ministério do Meio Ambiente e Escola de Administração
Fazendária (Esaf) - III Prêmio Serviço Florestal Brasileiro em Estudos de Economia e
Mercado Florestal

**Título da Monografia: O uso de ferramentas de otimização para concessões
florestais na Amazônia: uma abordagem econômica**

Subtema: Concessões Florestais - Potencialidades para as empresas que detenham o
direito de manejar as florestas públicas.

Categoria: Profissional

RESUMO

Para prevenir a conversão de florestas para agricultura é necessário avaliar o modelo de manejo florestal para garantir que florestas sejam economicamente competitivas em relação aos outros usos da terra. Recentemente o governo Brasileiro estabeleceu um marco legal de concessões públicas para o manejo florestal. Desde o lançamento do marco legal das concessões florestais apenas 2% das áreas leiloadas foram concedidas, e florestas continuam sendo convertidas para outros usos. O objetivo do estudo foi avaliar a viabilidade econômica das concessões florestais, as limitações do processo de concessão, e o uso de ferramentas de otimização e programação linear como suporte de gestão no manejo florestal. O estudo foi conduzido na Floresta Nacional do Jamari – RO, na unidade de manejo florestal III de 46 mil hectares, concedido por 25 anos para a empresa Amata SA no ano de 2008. O retorno financeiro foi calculado através da taxa interna de retorno e valor presente líquido do fluxo de caixa descontado a 14% a.a. em 25 anos. Foram elaborados 21 cenários de otimização. A função objetivo foi maximizar receitas mediante restrições de distância de arraste de toras e número de espécies colhidas, além de cumprir as restrições exigidas por contrato. Foi realizada uma análise de sensibilidade da variação da taxa descontada no fluxo de caixa do projeto, e em relação à variação do preço da madeira e na taxa de concessão cobrada ao concessionário. O estudo teve três hipóteses: 1) concessões florestais não são atrativas por um ponto de vista microeconômico; 2) a taxa de concessão e arraste de toras compõe os maiores custos; 3) a otimização de distâncias de arraste e volumes de colheita aumentam a rentabilidade das concessões. A hipótese 1 foi confirmada, no cenário base a TIR foi de 4,9% e o VPL foi negativo

USD -580.150,63. A hipótese 2 foi parcialmente confirmada, a taxa de concessão foi responsável pelo maior custo, perfazendo 28% do total, enquanto a operação de arraste foi o quarto maior custo (10%). A hipótese 3 foi confirmada, a otimização do volume de colheita e arraste de toras aumentou a rentabilidade do projeto e resultou no melhor cenário TIR de 9,5% quando o raio de arraste se limitou a 215 metros e volume de colheita de 14 m³/ha. A análise de sensibilidade indicou que mesmo se a taxa de concessão fosse retirada uma diminuição de 30% no preço da madeira torna inviável o manejo florestal. Ainda, a análise de sensibilidade indica que para 2016 com previsão para o IPCA de 10% (em 2015), a correção da taxa de concessão traria retornos negativos ao concessionário. Caso a realidade macroeconômica Brasileira fosse de baixo custo de capital, baixa taxa básica de juros, e inflação próxima à zero, o modelo de concessão proposto seria viável. Os resultados demonstraram que as políticas existentes relativas às taxas de concessão podem ser revista pelo governo, atraindo o interesse do setor privado e estimular a concorrência para o preço mínimo de licitação.

Palavras-Chave: manejo florestal; viabilidade econômica; programação linear;

Sumário

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Silvicultura e Manejo Florestal no Brasil.....	1
1.2 Concessões Florestais na Amazônia.....	5
1.3 Rentabilidade do Manejo Florestal e Ferramentas de Otimização.....	11
1.4 Hipótese e Objetivo.....	17
2. MÉTODOS.....	19
2.1 Área de Estudo	19
2.2 Plano de Manejo Florestal	21
2.2.1 Sistema Silvicultural	21
2.2.2 Inventário Florestal 100%.....	23
2.2.3 Planejamento de Estradas – Trilhas de Arraste	25
2.3 Rentabilidade das Concessões Florestais	26
2.3.1 Custos	26
2.3.2 Viabilidade Econômica	28
2.4 Otimização e Programação Linear	29
2.5 Análise de Sensibilidade	33
3. RESULTADOS.....	34
3.1 Inventário Florestal.....	34
3.2 Rentabilidade das Concessões Florestais	34
3.2.1 Custos	35
3.2.2 Viabilidade Econômica e Otimização	36
3.3 Análise de Sensibilidade	40
3.3.1 Preço da Madeira e Taxa de Concessão	40
3.3.2 Variação na Taxa de Desconto.....	45
4. DISCUSSÃO	47

5. CONCLUSÃO	57
6. AGRADECIMENTOS.....	59
7. REFERÊNCIAS	60
8. ANEXOS.....	66

Lista de Figuras

- Figura 1. Desmatamento na Amazônia desde 1988, ênfase nos principais eventos de políticas e públicas e mercado na última década. Fonte: INPE, 2014, adaptado pelo autor.....2
- Figura 2. As áreas destacadas em verde correspondem aos 313 milhões de hectares de florestas públicas no Brasil. Fonte: SFB, 2014 e IBGE, 2013.....7
- Figura 3. Áreas passíveis de concessão anualmente desde que foi instituída a lei de concessões florestais (em marrom), comparado com as áreas concedidas (em verde). Fonte: adaptado de SFB, 2014.9
- Figura 4. Evolução do preço real da madeira em tora oriunda da Amazônia legal corrigido pelo IPCA (linha em marrom), e em verde evolução do preço nominal. Curva ajustada com informações dos anos 2004, 2007, 2012 e 2013 (nos outros anos apenas Amapá e Pará forneceram dados). No período, o preço real da madeira em tora recuou 7%. As linhas tracejadas em azul representam o valor pago pelo concessionário por agrupamento de espécie, houve aumento 35% no período (unidade de manejo florestal III – Jamari –RO). Ano de 2015 considera estimativa de 10% do IPCA para reajuste. Fonte: modificado de IBGE/PEVS, 2014 e SFB, 2014.....12
- Figura 5. Valores de 2008 foram tomados como base 100, a linha representa a variação dos preços em % ano a ano. O rótulo de dados representam os preços reais em USD/m³ de madeira em tora. Fonte: modificado de ITTO.....14
- Figura 6. A FLONA do Jamari destacando a UMF III. As áreas vizinhas em verde claro correspondem a áreas antropizadas. Fonte: Amata S.A.20
- Figura 7. Sumário do ciclo de colheita, com a intensidade de colheita, Incremento Médio Anual, e o período do ciclo produtivo.22
- Figura 8. Delimitação da UMF III e as divisões das 25 UPAs. Fonte: AMATA S.A.....22
- Figura 9. Proporção dos custos por atividade de manejo florestal, calculado ano a ano, compara o presente estudo com outros autores.35
- Figura 10. Mostra a solução ótima do modelo de programação linear e compara a taxa interna de retorno e o valor presente líquido dos principais cenários. O cenário base (Sc1) é o mesmo para todos.....37
- Figura 11. Mostra a dinâmica dos modelos de otimização em relação às restrições de número de espécies colhidas e distância de arraste.38

Figura 12. Compara a colheita de madeira na UPA em volume total e por hectare dos diferentes cenários, e com os resultados dos últimos 6 anos obtidos pela empresa concessionária da UMFIII da FLONA Jamari.....40

Figura 13. Mostra a variação da TIR do cenário base em função da redução do preço da madeira e da taxa de concessão. O valor ponderado por m³ da madeira foi de USD 125,75 e o custo de concessão USD 29,65.....41

Figura 14. Mostra a variação da TIR do Sc2 da otimização de espécies em função da redução do preço da madeira e da taxa de concessão. O valor ponderado por m³ da madeira foi de USD 129,45 e o custo de concessão USD 31,49.....42

Figura 15. Mostra a variação da TIR do Sc3 da otimização de distância de arraste em função da redução do preço da madeira e da taxa de concessão. O valor ponderado por m³ da madeira foi de USD 125,95 e o custo de concessão USD 29,77.....43

Figura 16. Mostra a variação da TIR do Sc2 da otimização combinada entre distância de arraste e espécies em função da redução do preço da madeira e da taxa de concessão. O valor ponderado por m³ da madeira foi de USD 129,42 e o custo de concessão USD 31,47.....44

Figura 17. Mostra o resultado do VPL em função da variação da taxa de desconto, descontados para um fluxo de caixa de 25 anos. Quando VPL é igual a zero, tem-se a TIR do projeto.....46

Lista de Tabelas

- Tabela 1. Os custos foram divididos por categoria e atividades para operar a UPA. O “x” representa as atividades mensuradas em cada estudo. 28
- Tabela 2. Preço da madeira em tora em USD/m³, e taxa da madeira em pé paga ao SFB por m³ colhido. 29
- Tabela 3. Descreve os cenários de restrições utilizados no modelo de programação linear. Possui um cenário base, sete cenários (Sc1 a Sc7) de otimização de distância de arraste (Otmz Dist); otimização de número de espécies colhidas (Otmz Spp) e as duas restrições combinadas (Otmz Dist e Spp). 31

1. INTRODUÇÃO

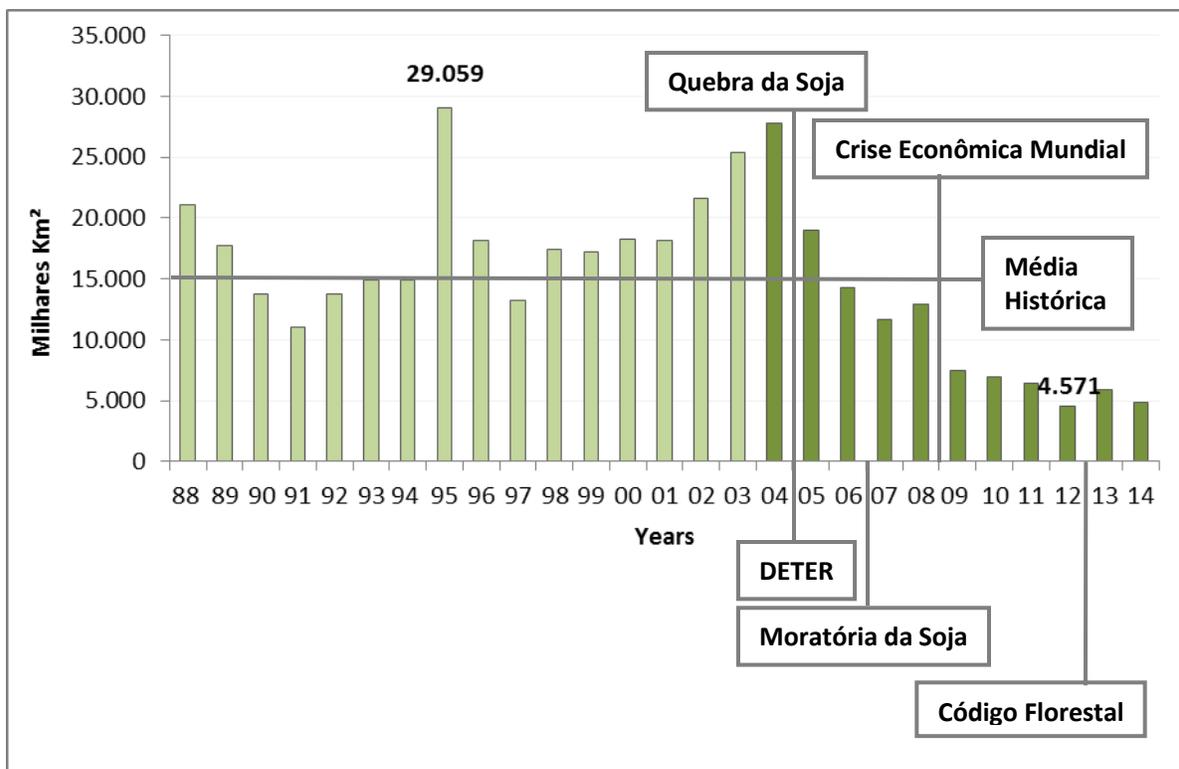
1.1 Silvicultura e Manejo Florestal no Brasil

O setor de base florestal brasileiro possui grande importância econômica, é responsável por 6% do PIB (Produto Interno Bruto) Industrial do país, e representa o quinto produto de maior importância para o saldo da balança comercial brasileira. As exportações brasileiras de madeira serrada, painéis de madeira, pisos laminados, celulose e papel totalizaram 8 bilhões de USD em 2014 (IBÁ, 2014).

O Brasil é atualmente o maior produtor de carvão vegetal do mundo, usado principalmente para energia e como biorredutor na produção de ferro gusa na cadeia do aço, é o quarto maior produtor de celulose e entre os 10 maiores produtores de papel e painéis de madeira. O PIB setorial para o ano de 2014 foi da ordem de BRL 60 bilhões (IBÁ, 2014). Em relação às questões sócio-ambientais o setor é responsável por 4,4 milhões de empregos (entre diretos, indiretos e efeito renda). A área florestal certificada do setor é 7,0 milhões de hectares, creditada pelo FSC (Forest Stewardship Council), e corresponde à quinta maior área certificada pelo FSC no mundo. De acordo com levantamentos do FSC (2014) cerca de 50% das áreas de plantações florestais no Brasil são certificadas, enquanto apenas 2% das áreas de manejo de florestal natural são certificadas. Apesar das plantações florestais perfazerem apenas 1% do território nacional é responsável por 70% da produção em valor, ao mesmo tempo as florestas naturais ocupam 50% do território e respondem por 30% da produção (IBGE, 2012).

Investimentos na indústria madeireira e atividades econômicas ligadas à silvicultura ocorreram predominantemente nas regiões sul e sudeste do país na década de 1960, fomentada por incentivos fiscais. Enquanto a área de florestas plantadas crescia substancialmente nas regiões sul e se tornou uma atividade competitiva a nível global, na região da Amazônia legal o desmatamento cresceu exponencialmente. A taxa de desmatamento na Amazônia desde 1988 até 2014 foi na média 15.000 km² ano⁻¹, com picos de desmatamento na faixa de 29.000 km² em 1995 (figura1). Estima-se que cerca de 20% do bioma Amazônia foi convertido para outros usos da terra até 2013 (INPE, 2014).

Figura 1. Desmatamento na Amazônia desde 1988, ênfase nos principais eventos de políticas e públicas e mercado na última década.



Fonte: adaptado de INPE(2014).

A figura 1 mostra que os mercados impactaram na diminuição do desmatamento em dois períodos: entre 2004 e 2005 quando o mercado da soja sofreu uma quebra; e no fim de 2008 com a crise econômica mundial deflagrada pela crise do mercado mobiliário Americano. Foi possível constatar que políticas públicas também contribuíram para diminuição do desmatamento no período: em 2004 através do DETER (Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real); em 2006 com a moratória da soja; e em 2012 foi regulamentado o novo Código Florestal.

A dinâmica do desmatamento na Amazônia desde o começo dos anos 2000 teve forte influência do desenvolvimento de fronteiras agrícolas. A produção pecuária e cultivo de grãos eram rentáveis e foram desenvolvidos na região inúmeros projetos de infraestrutura, tanto públicos quanto privados, como portos, hidrovias, rodovias e hidroelétricas (DAVIDSON et al., 2012).

Apesar do ritmo alarmante do desmatamento no período, recentemente, existe uma clara diminuição na conversão do bioma. O índice de desmatamento cresceu até o ano de 2004, período com o segundo maior pico desde o começo do monitoramento em 1988. A partir de 2005, o índice de desmatamento passou a ter uma diminuição sistemática, causado principalmente pela diminuição da rentabilidade das culturas agrícolas na região, aumento no preço de terra e requisitos de certificação pelo mercado para consumo de algumas commodities (DAVIDSON et al., 2012; NEPSTAD et al., 2009). A recente queda de 70% na taxa de desmatamento na Amazônia sugere que políticas públicas, fiscalização e aplicação de leis que punem o desmatamento, e restrições de acesso a crédito de cadeias de produção agrícola ligadas ao desmatamento, especialmente nas cadeias da soja e da pecuária de corte, contribuíram

decisivamente para a diminuição no ritmo do desmatamento na Amazônia brasileira (NEPSTAD et al., 2014).

Ainda que políticas públicas e os mercados tenham contribuído para a diminuição do desmatamento através da regulamentação das principais atividades de uso da terra na fronteira agrícola na Amazônia, todavia, para prevenir a conversão de florestas para agricultura, é necessário valorar as florestas pelo seu valor real de mercado e pela externalidades positivas da manutenção do *continuum* florestal que as práticas de manejo florestal oferecem.

O manejo de impacto reduzido é uma atividade que além de remunerar o investidor economicamente apenas em longo prazo, enfrenta os problemas de insegurança fundiária na região. A exploração madeireira é um importante *driver* econômico na Amazônia, especialmente pelos altos retornos financeiros associados ao corte raso da floresta (PEREIRA et al., 2010). A exploração madeireira, principalmente de espécies de alto valor resulta na depleção das espécies nobres e raras e gera a migração da atividade exploratória para novas áreas de colheita (ALENCAR; SOLORZANO; NEPSTAD, 2004; ASNER et al., 2005; NEPSTAD et al., 1999; RICE; GULLISON; REID, 1997).

A conservação da floresta Amazônica reside além dos mercados e de políticas públicas. O manejo florestal de baixo impacto provê múltiplas fontes de receita, como madeira, produtos florestais não madeireiros, serviços ambientais e ecossistêmicos, conservação da biodiversidade e empregos. A valorização desses serviços e produtos garante a (KLIMAS; KAINER; WADT, 2012).

As concessões florestais se mostram como uma oportunidade para mudar o paradigma negativo do desmatamento. Através da criação de um marco legal para garantir segurança à posse da terra, o modelo de concessão confere transparência e base legal para a produção madeireira, conservação ambiental e inclusão social através de uma série de princípios e critérios estabelecidos por contrato (BANERJEE; ALAVALAPATI, 2009).

Ainda, concessões florestais são sem dúvida um dos instrumentos mais efetivos para a mitigação do aquecimento global, uma vez que, mais de 50% das emissões Brasileiras de CO₂ são provenientes da conversão de florestas e de incêndios florestais (REDD+ BRASIL, 2014). Adicionalmente as contribuições brasileiras para o acordo do clima na conferência do clima COP-21, a chamada INDC, propõe a redução de emissões de GEE (Gases do Efeito Estufa), de 37% até 2025 e de 43% até 2030 com base nas emissões de 2005. A INDC brasileira demandarão grandes esforços de implementação e aumenta a importância das concessões florestais como instrumento para atingir as metas climáticas do Brasil.

1.2 Concessões Florestais na Amazônia

Mais de 100 milhões de ha de florestas na Amazônia Brasileira são passíveis de concessão (VERÍSSIMO; SOUZA JR.; AMARAL, 2000). Entretanto, apenas recentemente o governo Brasileiro abriu a oportunidade para investimentos no manejo de florestas naturais em detrimento a uma política historicamente voltada apenas para a

conservação integral dessas florestas. De acordo com Banerjee e Alavalapati (2009), o governo instituiu a meta de estabelecer 13 milhões de hectares de florestas nacionais (FLONA) em concessões até o ano de 2020, o que corresponde a 2% da área do país ou 5% da área florestal do Brasil.

Embora concessões florestais seja um novo instrumento para desenvolvimento do manejo em florestas naturais, concessões florestais em países tropicais não é uma inovação (SALICK; MEJIA; ANDERSON, 1995). Outros países Sul-Americanos que estão inseridos no bioma Amazônia possuem mais de 5 milhões de ha sob concessões florestais, entre eles: Bolívia, Guiana, Suriname e Venezuela (SIZER; RICE, 1995). A maior parte das florestas Africanas estão sob concessões, em países como o Congo e a República Centro Africana possuem mais de 70% da área de suas florestas sob concessões (WHITE; MARTIN, 2002). As áreas florestais manejada nos Estados Unidos, Malásia e Indonésia representam 8%, 14% e 27% da área florestal dos países, respectivamente. Em contraste, a área atualmente manejada de florestas naturais no Brasil perfazem 1,6% do total (ROCHA et al., 2006). Foi estimado que um incremento na área de manejo florestal de impacto reduzido em 14% no Brasil atenderia a demanda de mercado interno para madeira tropical (VERÍSSIMO et al., 2002). Segundo a Coalizão Brasil Clima, Florestas e Agricultura, uma iniciativa formada no ano de 2015 para contribuir para o avanço do uso sustentável das florestas, agricultura sustentável e adaptação às mudanças climáticas, indica que para suprir a demanda nacional de madeira tropical, estima-se que são necessários 30 milhões de hectares de área sobre regime de manejo, ou 7% da área da floresta Amazônica.

A área de florestas públicas no Brasil corresponde a 313 milhões de hectares, a maior parte localizada no bioma Amazônia (figura 2). Do total 36% são designados para comunidades indígenas, 19% são unidades de conservação, 26% não possuem uso designado, 4% são designados para uso comunitário e 1% para uso militar (SFB, 2015). Apesar do fato dessa enorme área ser onerosa para o Estado, apenas recentemente pela lei federal 11.284/2006 (BRASIL, 2006) o Brasil criou um marco legal para o manejo dessas florestas públicas pela iniciativa privada para a produção de múltiplos serviços (RODRIGUEZ; MACHADO, MOREIRA, 2009).

Figura 2. As áreas destacadas em verde correspondem aos 313 milhões de hectares de florestas públicas no Brasil.

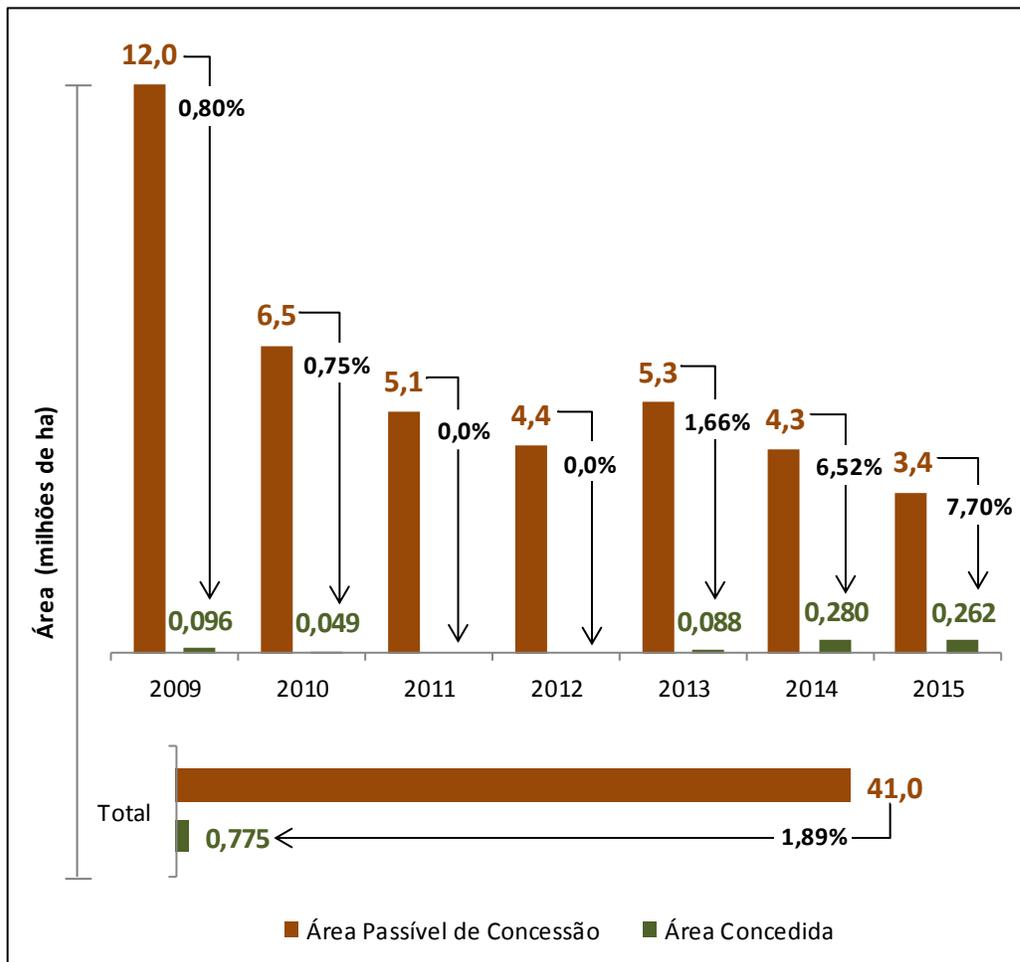


Fonte: SFB (2015)

O Plano Anual de Outorga Florestal (PAOF) se constitui em uma ferramenta com diretrizes para o manejo de FLONAs. O plano define, seleciona e descreve as FLONAs

passíveis de concessão. O PAOF notifica as FLONAs que estarão disponíveis para concessão, período de contrato de validade, metodologia para seleção de áreas, e permite que as empresas interessadas nas concessões possam se planejar para o leilão. Em 2014 o PAOF definiu as FLONAs passíveis de concessão para 2015. Para o ano de 2015 foram designados 3,4 milhões de ha ou 1,1% das áreas de florestas públicas do Brasil para concessão, entre os anos de 2009 a 2015, 41 milhões de ha foram designados para concessões, desse total, 775 mil ha estão sob concessão atualmente (figura 3).

Figura 3. Áreas passíveis de concessão anualmente desde que foi instituída a lei de concessões florestais (em marrom), comparado com as áreas concedidas (em verde).



Fonte: adaptado de SFB (2015)

Desde 2008 o governo permite que empresas privadas manejem florestas públicas, baseados em planos de manejo aprovados. As empresas tem permissão para colher madeira e produtos florestais não madeireiros, além de explorar o turismo, por um período que varia entre 25 e 35 anos. A política de concessões florestais permite que os governos federais, estaduais e locais a manejar suas florestas, evitando problemas relacionados à posse da terra e sobre-exploração dos recursos naturais. Dessa maneira

o instrumento da concessão florestal impede a conversão de floresta para outros usos da terra e promovendo uma economia sustentável em longo prazo na Amazônia (SFB, 2015).

De acordo com o Serviço Florestal Brasileiro (SFB), Agência de Governo responsável pelo processo de concessão e administração das concessões, as florestas concedidas devem permanecer como florestas após a colheita florestal, obedecendo aos princípios do manejo florestal de impacto reduzido. Planejado anualmente em um sistema de rotação que permite colheita contínua, apenas de uma a seis árvores são colhidas por hectare em 25 anos.

As concessões florestais permitem a exploração de múltiplos usos da floresta, agregando aspectos econômicos e sociais às FLONAs. Previamente ao marco legal das concessões florestais, as florestas naturais eram valorizadas apenas pelos seus aspectos ambientais, negligenciando os aspectos econômicos e sociais. Adicionalmente, atividades econômicas e sociais nas concessões criam uma zona tampão, protegendo as FLONAs contra invasões de terra e corte indiscriminado da floresta, que atualmente são os maiores desafios na Amazônia (NEPSTAD et al., 2006).

Concessões florestais além de garantir dividendos financeiros para o Estado e agregar valor para a cadeia de produção florestal, resulta em externalidades positivas como: serviços ambientais, serviços sociais e diminuição nos custos de monitoramento e fiscalização de desmatamento nas FLONAs para o Estado. Tais externalidades positivas não são remunerados ao concessionário e coloca em xeque esse modelo de negócio.

Incentivos ainda são necessários para garantir o sucesso desse modelo de negócio, incluindo acesso a crédito e linhas de financiamento, e adicionalmente planos de manejo mais eficientes. Esse conjunto de fatores poderia remunerar o capital do investidor. Atualmente o retrato das concessões florestais brasileiras sugere que as mesmas não tem se mostrado atrativas, uma vez que menos de 2% das áreas passíveis de concessão foram leiloadas.

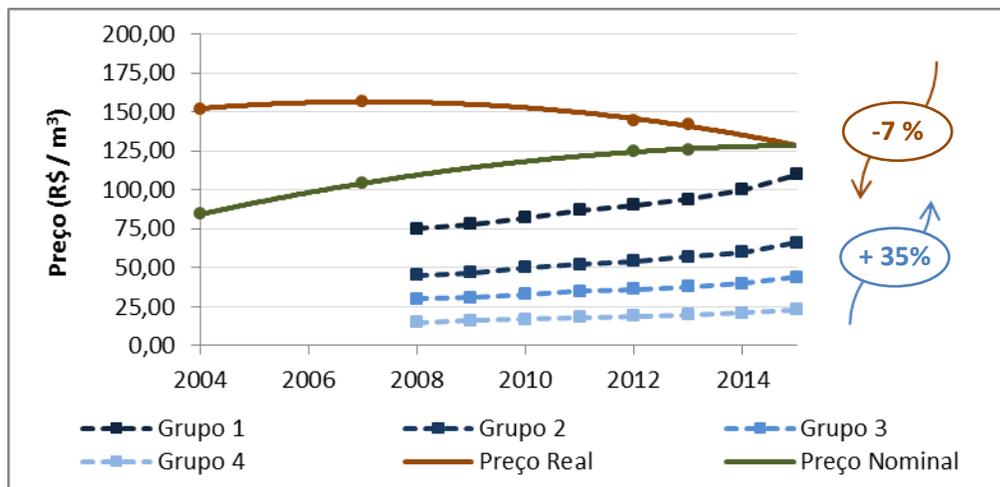
1.3 Rentabilidade do Manejo Florestal e Ferramentas de Otimização

Para endereçar as causas que levaram o setor privado a não investir nas concessões florestais é necessário quantificar economicamente a rentabilidade desse negócio. A rentabilidade do manejo de florestas naturais de impacto reduzido é limitada a poucos estudos (BACHA; RODRIGUEZ, 2007; BARRETO et al., 1998; HOLMES et al., 2002; MACPHERSON et al., 2012). Ainda, não existem estudos sobre a rentabilidade do modelo de concessão florestal lançado no Brasil em 2006.

Investimentos em concessões florestais geram retornos em longo prazo e dependem do preço da madeira no mercado interno e externo. Com o contendo sucesso de políticas públicas na redução do desmatamento e diminuição na oferta de madeira ilegal existe a expectativa de tendência de elevação de preços da madeira (BUONGIORNO, 1996; LI et al., 2008).

Além da oferta de madeira ilegal que afeta os preços da madeira principalmente no mercado interno, o perfil do consumidor final, a agregação de valor e a disponibilidade de produtos substitutos são alguns dos elementos que caracterizam os mercados de produtos florestais (SFB, 2015). A figura 4 mostra a evolução do valor da madeira em tora no mercado interno na Amazônia legal. Apesar na queda no desmatamento o valor real da madeira em tora vem caindo nos últimos 10 anos, ao mesmo tempo em que o valor pago pelo concessionário aumenta ano a ano, uma vez que o valor da concessão da madeira em pé é corrigido pelo IPCA. Esses dois fatores vem comprometendo a rentabilidade do manejo florestal na modalidade de concessões florestais.

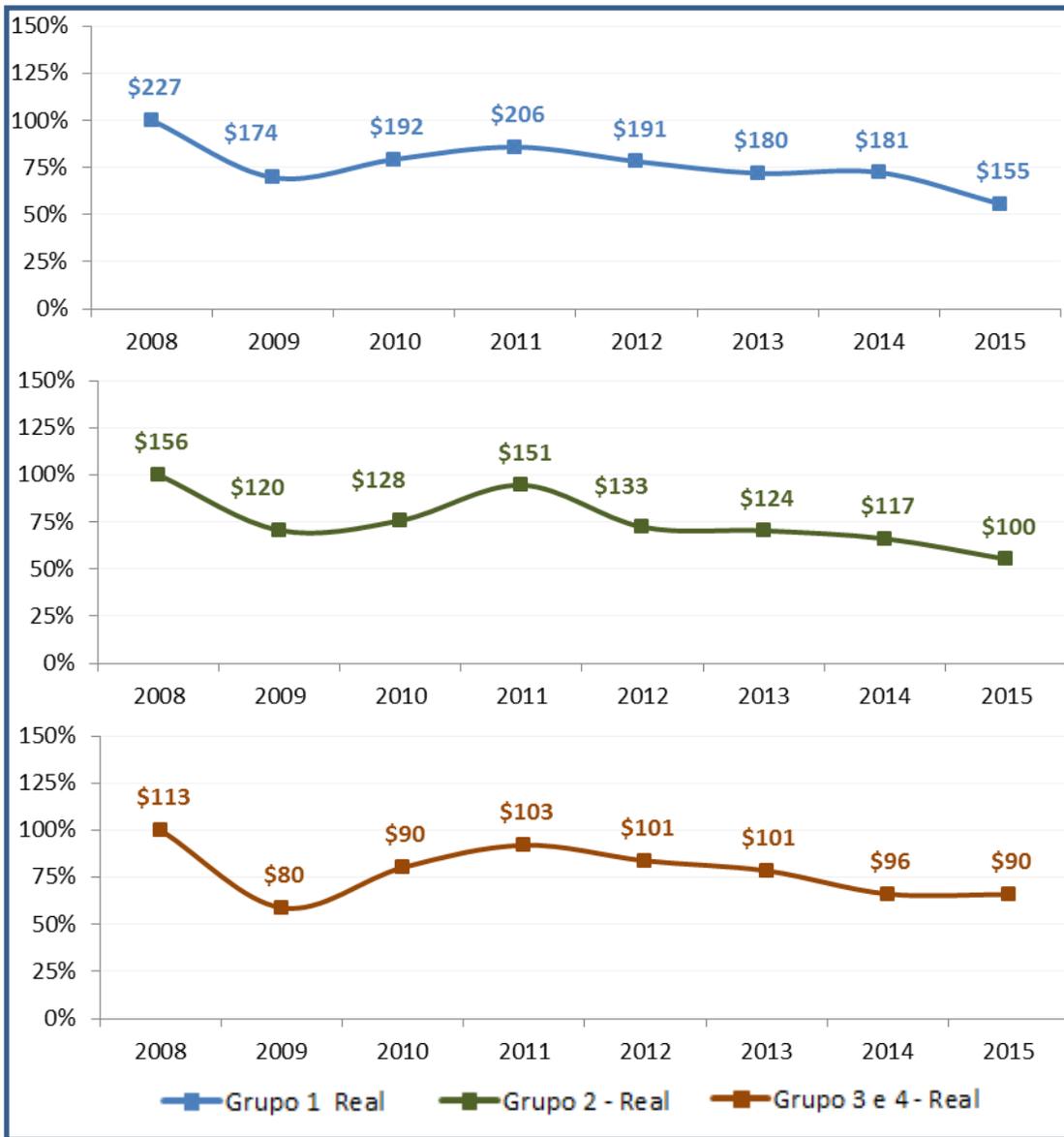
Figura 4. Evolução do preço real da madeira em tora oriunda da Amazônia legal corrigido pelo IPCA (linha em marrom), e em verde evolução do preço nominal. Curva ajustada com informações dos anos 2004, 2007, 2012 e 2013 (nos outros anos apenas Amapá e Pará forneceram dados). No período, o preço real da madeira em tora recuou 7%. As linhas tracejadas em azul representam o valor pago pelo concessionário por agrupamento de espécie, houve aumento 35% no período (unidade de manejo florestal III – Jamari –RO). Ano de 2015 considera estimativa de 10% do IPCA para reajuste.



Fonte: modificado de IBGE (2014); SFB (2015).

A figura 5 mostra o preço de toras no mercado internacional, as espécies que compõe o grupo 1 é representado pelo Ipê, o Jatobá representa o grupo 2 e as espécies de Mescla e Virola representam os grupos 3 e 4. Assim como no mercado doméstico, os preços reais de madeira em tora da Amazônia legal corrigidos pelo IPCA mostram retração no período analisado. Os preços internacionais sofreram forte queda após a crise imobiliária nos Estados Unidos no fim de 2008, com uma boa recuperação dos preços em 2011 devido ao aquecimento do mercado imobiliário. Todavia, os preços de 2015 em relação aos preços de 2008 em dólares americanos por m³ de tora caiu praticamente 50% para todos os grupos de espécies.

Figura 5. Valores de 2008 foram tomados como base 100, a linha representa a variação dos preços em % ano a ano. O rótulo de dados representam os preços reais em USD/m³ de madeira em tora.



Fonte: modificado de ITTO (2014).

Dessa maneira, é necessária uma avaliação de mercado precisa para o manejo florestal de impacto reduzido tanto para o investidor quanto para o governo, para estabelecer preços mínimos no processo de licitação (ROCHA et al., 2006).

O manejo de impacto reduzido é planejado anualmente para cada ano do contrato, todo ano é elaborado pelo SFB o Plano Operacional Anual (POA). A empresa concessionária deve estar em conformidade e cumprir um plano operacional, apresentando o planejamento com estradas, inventário censitário, trilhas de arraste, colheita e tratamentos silviculturais.

A construção de pátios de toras, estradas florestais e trilhas de arraste possuem o maior impacto financeiro e ecológico no manejo florestal de impacto reduzido (PHILIPPART et al., 2012). Esse fato possui um peso ainda maior no bioma Amazônico devido à alta precipitação durante a estação chuvosa.

Para aumentar a rentabilidade do manejo de impacto reduzido e reduzir custos, o planejamento das estradas deve ser desenvolvido em uma forma de redes otimizadas, que minimize custos e densidade das trilhas de arraste, e ao mesmo tempo minimize os impactos ambientais (EZZINE de BLAS; PÉREZ, 2008). Antes do planejamento das estradas, a realização de um censo florestal (espécies comerciais com diâmetro maior que 50 cm) e localização precisa das árvores comerciais são fatores chave para minimizar as trilhas de arraste e conseqüentemente otimizar a rede de estradas florestais.

O volume máximo permitido para colheita e o número mínimo de espécies são restringidos no planejamento da colheita nos contratos de concessão, porém não existe

restrição para o volume mínimo de colheita. A inexistência de volumes mínimos obrigatórios para colheita é especialmente importante na situação em que os preços de madeira estejam abaixo do preço mínimo que remunere o investidor. Nessas situações o concessionário pode suspender as operações de colheita.

Considerando o preço da madeira, inventário e o período de concessão, o concessionário pode maximizar seu o valor do ativo, em um cenário de colheita de menor número de árvores e maior valor de mercado da madeira através da otimização do volume de colheita minimizando a rede de estradas (ROCHA et al., 2006).

Dentro do marco legal das concessões florestais a diversidade de espécies permitidas para colheita é principal fator para planejar as receitas. A construção de estradas e trilhas de arraste para acessar as árvores comerciais constituem o maior custo no manejo florestal, juntamente com o pagamento das taxas de concessão para o Estado. O planejamento florestal pode ser otimizado através de modelos matemáticos, pela formulação de problemas através da programação linear. Esses modelos fornecem diretrizes para operações mais eficientes através da alocação de recursos limitados dada uma função objetivo. Os primeiros modelos básicos de programação linear foram desenvolvidos na década de 1960's (CURTIS, 1962; NAUTIYAL; PEARSE, 1967). Nesse período os modelos de programação linear eram comumente usados para o problema de fluxos de produção constante.

Adicionalmente, com o uso da computação, a otimização do manejo florestal é capaz de dar suporte não somente para decisões baseadas em funções objetivo, mas também

discernir entre melhores opções de manejo, agregando um grande espectro de restrições (BUONGIORNO; GILLESS, 2003).

1.4 Hipótese e Objetivo

Concessões Florestais asseguram e promovem em longo prazo uma economia sustentável na Amazônia Brasileira. Enquanto políticas públicas e os mercados contribuíram para diminuir o desmatamento, para assegurar que de fato florestas não sejam convertidas para agricultura ou pecuária é necessário analisar economicamente o modelo de concessão florestal para assegurar que o manejo florestal é competitivo com outros usos da terra.

Como menos de 2% das áreas oferecidas para concessão foram de interesse da iniciativa privada, e florestas naturais ainda continuam sendo convertidas, alguns incentivos são necessários nesse modelo de negócio. Esses incentivos podem ser econômicos, ou por meio de planos de manejo mais eficientes.

Hipótese 1 – Concessões florestais não são economicamente atrativas, por um ponto de vista microeconômico.

Hipótese 2 – A operação de arraste de toras e o valor da concessão da madeira em pé representam os maiores custos do manejo florestal.

Hipótese 3 – A otimização de trilhas de arraste e volume de colheita aumentam a rentabilidade.

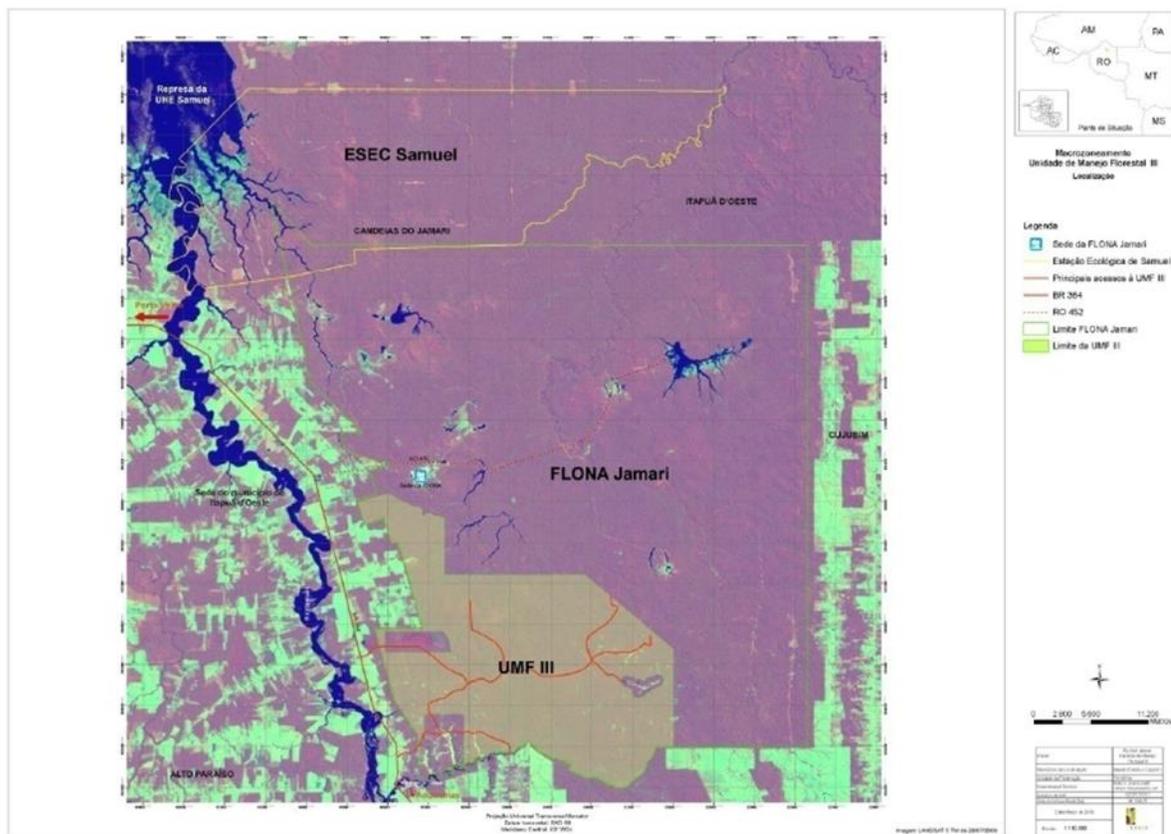
Objetivos: Desenvolver um programa de otimização para dar suporte no manejo florestal em concessões na Amazônia Brasileira e avaliar as limitações dos leilões de concessão.

2. MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

O plano de manejo florestal foi implementado na FLONA Jamari, nas divisas das cidades de Candeias do Jamari, Itapuã do Oeste e Cujubim no Estado de Rondônia na região Norte do Brasil. Localizado nas coordenadas 09°27'15"S e 63°06'11"W (Datum WGS 84). A FLONA possui uma área total de 220 mil hectares, dos quais 90 mil foram destinados para manejo florestal sustentável por um decreto presidencial em 2005. Em 2007 a área foi dividida em três lotes para leilão. A unidade de Manejo do presente estudo corresponde à unidade de manejo florestal III (UMFIII) com 46 mil hectares (figura 6).

Figura 6. A FLONA do Jamari destacando a UMF III. As áreas vizinhas em verde claro correspondem a áreas antropizadas.



Fonte: Amata (2008)

De acordo com a classificação de Köppen o clima da região é do tipo Aw (Tropical chuvoso), com moderados períodos secos entre Junho e Agosto. A precipitação média anual é entre 1.800 e 2.200 mm, e a temperatura média anual é entre 24°C e 26°C (Rondônia, 2002). A altitude da FLONA está predominantemente abaixo dos 150 metros, com predomínio de solos do tipo argissolos, neossolos e gleissolos (EMBRAPA, 2006).

De acordo como o IBAMA (2005) a vegetação da FLONA é tipicamente Ombrófila Mista, com diversidade de estimada em 150 espécies de árvores/hectare, e forma um

dossel de aproximadamente 40 m de altura com presença de árvores emergentes e um rico sub-bosque de indivíduos jovens.

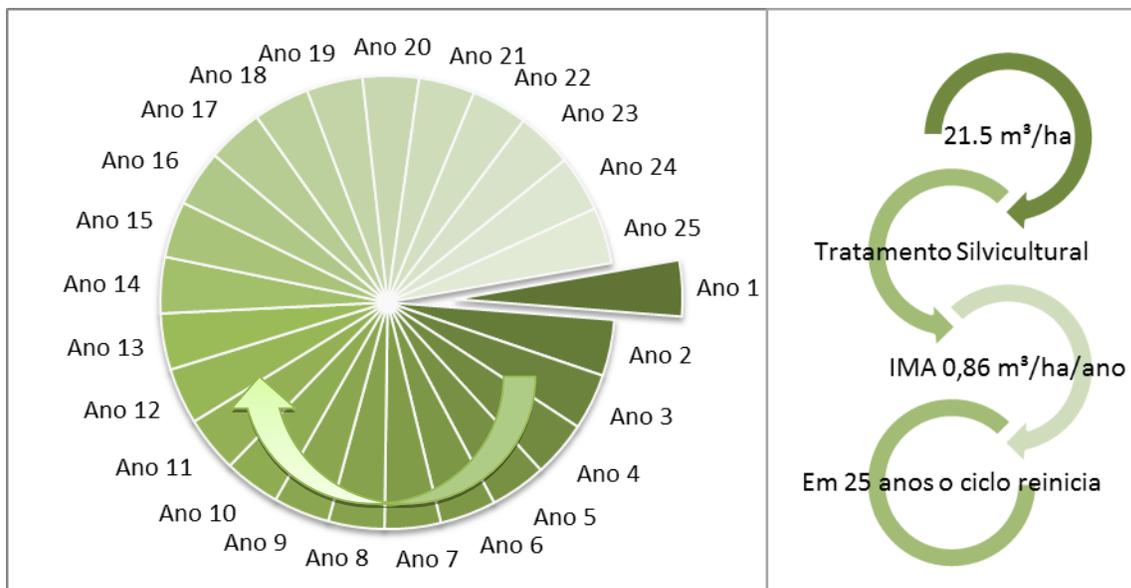
2.2 Plano de Manejo Florestal

2.2.1 Sistema Silvicultural

O Sistema silvicultural implantado assegura um fluxo contínuo de produção (figura 7), ao mesmo tempo, o sistema procura minimizar o impacto ambiental da operação, e são baseados nos seguintes princípios e critérios:

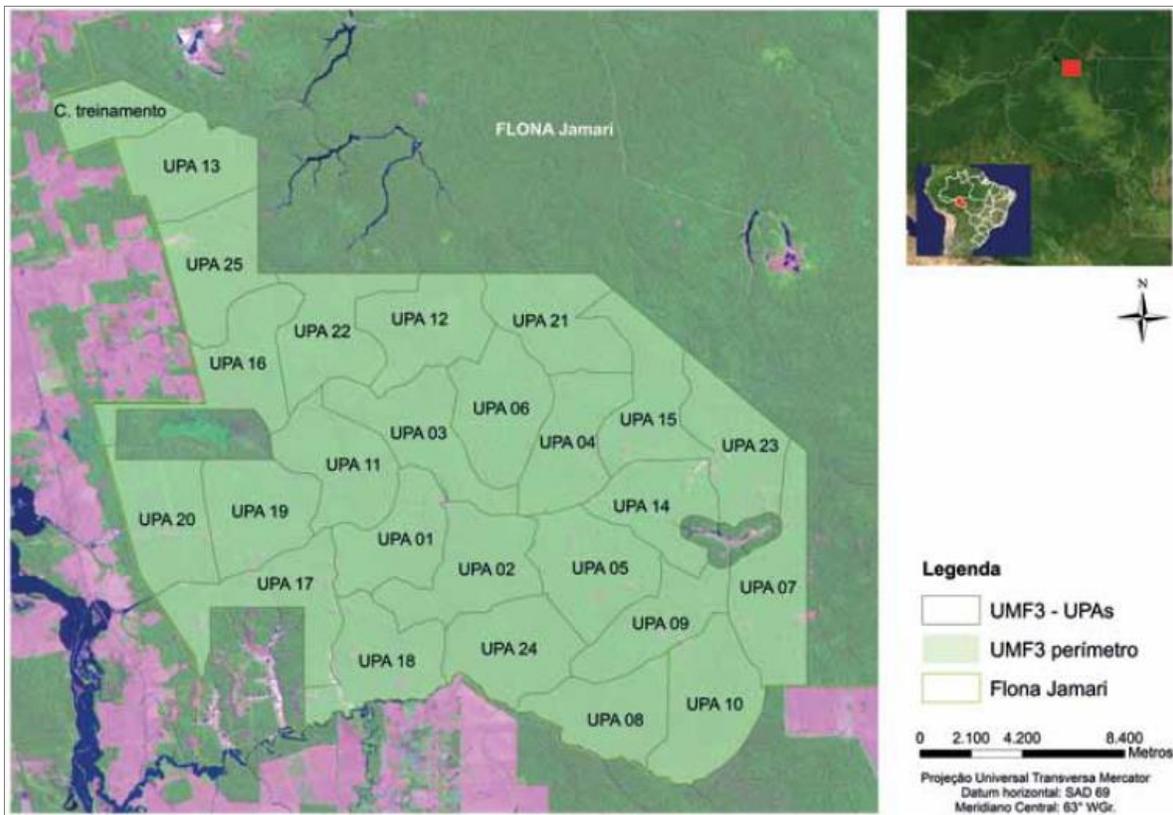
- i) O ciclo de corte adotado é de 25 anos, com perpetuidade do ciclo de colheita;
- ii) Existência de tipologias de vegetação (inventário);
- iii) Produtividade e sustentabilidade da produção (parcelas permanentes);
- iv) Volume e espécies comerciais (inventário 100%);
- v) Técnicas de colheita de impacto reduzido, preservação do estoque da floresta em pé remanescente;
- vi) Tratamentos silviculturais pós-colheita (favorecimento de regeneração);
- vii) Monitoramento do crescimento e regeneração pós-colheita;

Figura 7. Sumário do ciclo de colheita, com a intensidade de colheita, Incremento Médio Anual, e o período do ciclo produtivo.



Para todos os anos cada ciclo de colheita é representado por uma Unidade de Planejamento Anual (UPA) e corresponde à aproximadamente 1.800 hectares cada uma. Excluída as áreas de preservação permanente em margens de rios e nascentes cada UPA conta com aproximadamente 1.640 hectares de área passível de exploração. De acordo com a Instrução Normativa Nº05, de 11 de Dezembro de 2006, o volume máximo permitido de colheita é de 21m³/ha/ano com ciclo de corte de 25 anos. O delineamento da UPA foi de acordo com o Modelo Digital de Terreno, hidrografia e estradas existentes (figura 8).

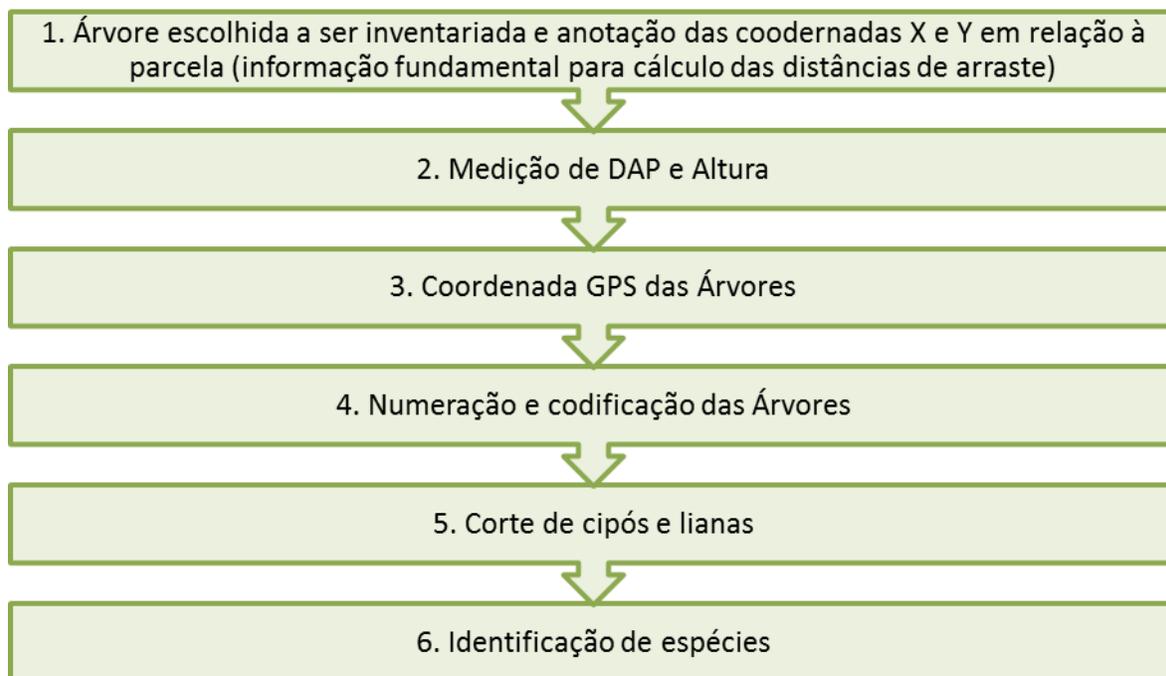
Figura 8. Delimitação da UMF III e as divisões das 25 UPAs.



Fonte: Amata (2008)

2.2.2 Inventário Florestal 100%

A atividade de censo Florestal prospecta todas as árvores comerciais presentes na UPA (DAP acima de 50 cm). O censo florestal segue a seguinte sequência de atividades:

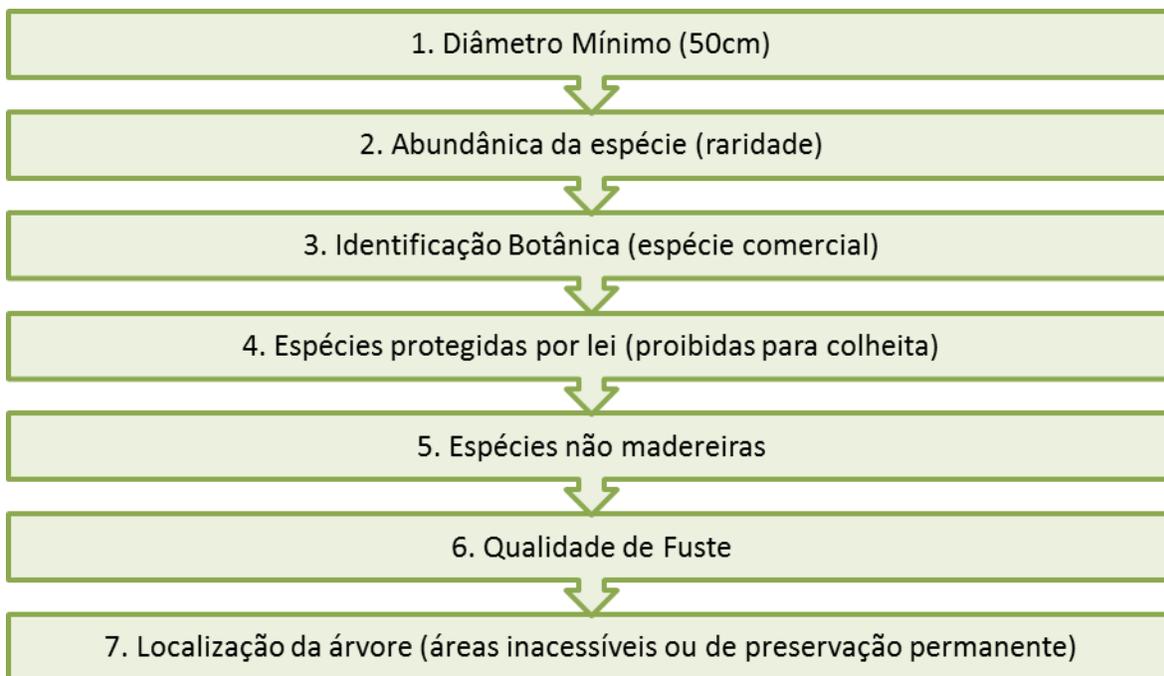


Foram utilizados a base de dados de empresas concessionárias na FLONA Jamari para cálculo de volume do inventário. Informações de 6.440 árvores de 73 espécies diferentes foram cubadas pelo método *Smalian* (DE LEON; URANGA, 2013). Os dados foram utilizados para ajustar uma equação de simples entrada (equação 1).

Equação 1. Modelo usado para prever volume, usando a variável DAP como preditora.

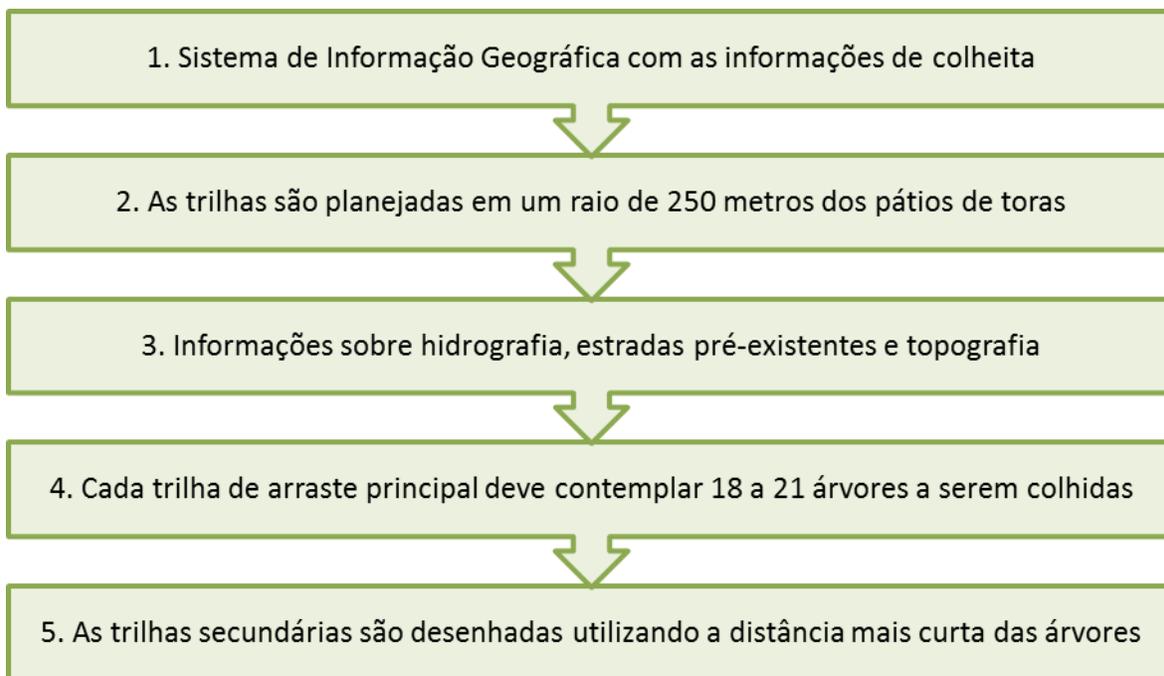
$$V = \beta_0 + \beta_1(DAP) + \beta_2(DAP)^2$$

Juntamente com o inventário florestal informações regulatórias contidas no contrato são necessárias para o plano de manejo e planejamento da colheita, como:



2.2.3 Planejamento de Estradas – Trilhas de Arraste

O planejamento das trilhas de arraste consiste em escolher o melhor caminho para o skidder arrastar árvores com o menor custo possível associado ao menor impacto ambiental até o pátio de toras. As trilhas de arraste são classificadas como primárias (mais extensas e abrangem maior número de árvores) e secundárias (são conectadas a uma trilha primária). As trilhas de arraste se conectam as estradas florestais secundárias e primárias. O planejamento das trilhas de arraste consiste em:



Para cada árvore marcada como comercial na UPA é mapeada uma trilha de arraste primária e secundária. A decisão final em qual árvore colher é do gestor florestal.

2.3 Rentabilidade das Concessões Florestais

2.3.1 Custos

Dados de custos provenientes do manejo florestal sob concessão foi coletado na empresa que possui concessão na UMFIII e foi classificado por atividade (tabela 1). Os custos foram calculados por m³ de tora colhida para uma média de produção anual de 35.000 m³/ano, em um ciclo de 25 anos. Os custos das operações florestais foram

levantados, porém os custos de maquinário e implementos não foram computados por serem fornecidos por terceiros e já estão inclusos nos custos das operações. Foram estimados 80 funcionários para manejar uma UPA anualmente, inventário florestal foi feito para 100% das árvores comerciais. Foi estimada a construção de 47 km de estradas primárias e 33 km de estradas secundárias para cada UPA e a construção de 75 pátios de toras de madeira.

No presente estudo a distribuição dos 80 trabalhadores para compor os custos administrativos durante a operação anual, divididos em três fases:

- i) Operação Pré-Colheita: 21 funcionários para realização de inventário e abertura de estradas e trilhas de arraste;
- ii) Operação de Colheita: 50 funcionários dedicados no corte, traçamento, arraste e transporte;
- iii) Operação Pós-Colheita: 09 funcionários dedicados na mensuração das parcelas permanentes, tratamentos silviculturais e proteção florestal;

Custos com maquinário foram considerados no custo total e foram estimados com empreiteiros, os maquinários foram considerados na operação:

- i) Estradas e Pátios de Toras: 2 motosserras, 1 retroescavadeira, 1 escavadeira, 1 niveladora; 1 carregadeira e 1 caminhão basculante;
- ii) Corte e Arraste: 16 motosserras, 2 skidders e 3 caminhões;
- iii) Pós-Colheita: 2 veículos de monitoramento;

Adicionalmente, os dados coletados nesse estudo foram comparados com a literatura mais relevante sobre manejo de impacto reduzido em florestas tropicais.

Tabela 1. Os custos foram divididos por categoria e atividades para operar a UPA. O “x” representa as atividades mensuradas em cada estudo.

Categoria	Atividade	Presente Estudo	Humphries et al., 2012	Bacha e Rodriguez, 2007	Holmes et al., 2002	Barreto et al., 1998
Licença/Leilão	Permissão e taxa anual da concessão	x				
Pré-operação	Inventário	x	x	x	x	x
	SIG	x	x	x	x	x
	Planejamento (estradas)	x	x	x	x	x
Operação	Colheita	x	x	x	x	x
	Arraste	x	x	x	x	x
	Transporte	x	x	x		x
Administrativo	Funcionários	x	x	x		x
Concessão	Taxa (valor/m ³)	x		x*	x*	x*

Nota: todos os valores mencionados nos estudos foram convertidos para Reais (BRL) na cotação média do ano da publicação do estudo e corrigidos para inflação pelo IPCA até o ano de 2014, e posteriormente convertidos para dólares Americano (USD) na cotação média de 2014 (1 USD = 2,45 BRL). Fonte: IBGE (2015) e United States – International Revenue Service (IRS). * os valores da concessão da madeira em pé nos outros estudos possuem sistema de precificação diferente do presente estudo.

2.3.2 Viabilidade Econômica

A viabilidade econômica do manejo florestal em concessões foi calculada pela Taxa Interna de Retorno (TIR) e Valor Presente Líquido (VPL) do fluxo de caixa do projeto em um horizonte de 25 anos, descontados a uma taxa de 14% ao ano (JONES; GRADO, DEMARAIS, 2010). O valor utilizado para cálculo de receitas foi classificado por grupos de precificação semelhante ao processo de pagamento de taxas para a concessão da madeira em pé (tabela 2).

Tabela 2. Preço da madeira em tora em USD/m³, e taxa da madeira em pé paga ao SFB por m³ colhido.

Espécie	USD/m ³	
	Preço da Madeira	Taxa de Concessão
Grupo 1(Nobre)	150,00	43,00
Grupo 2 (Média)	120,00	26,00
Grupo 3 e 4 (Baixo)	90,00	13,00

Fonte: Empresa concessionária da UMF III da FLONA Jamari – RO. Valores para ano de 2014 em dólares americanos, informação obtida em 10 mar. 2015, comunicação pessoal.

A taxa paga pelo concessionário pela madeira colhida é acordada em contrato a partir da aprovação do leilão. Além da taxa cobrada pela madeira em pé, existe uma taxa anual paga pelo concessionário para investimento social. Essa taxa é calculada por hectare, no caso do presente estudo a UMF III possui 42.651 hectares de área útil, a taxa anual cobrada é de USD 16.634,00 / ano (considerado USD 0,39/ha, preço atualizado e cotação cambial de 2014). Adicionalmente, é cobrado pelo contrato uma taxa de concessão anual que corresponde a 30% do volume permitido para colheita (35.000 m³/ano) multiplicado pela média ponderada da taxa de concessão da madeira em pé de acordo com os agrupamentos de espécies mensuradas no inventário. Nesse estudo essa taxa anual de concessão correspondeu a USD 154.800,00 no ano de 2014.

2.4 Otimização e Programação Linear

O modelo de programação linear procura uma solução ótima que maximiza receitas, dada diferentes estratégias. A função teve como objetivo maximizar receitas mediante restrições de custo variável (arraste de toras) e número de espécies colhidas.

Para atingir a função objetivo, foi necessário apontar uma série de restrições que minimizaram custos e maximizaram receitas ao mesmo tempo em que atenderam as restrições obrigatórias por contrato. As restrições colocadas no modelo foram: i) volume máximo permitido de colheita; número mínimo de espécies a serem colhidas; iii) área máxima de colheita anual.

Foi usado o modelo de Programação Linear Inteira Mista baseada no trabalho de Rodriguez, Machado e Moreira (2009). Para aumentar as receitas, a função objetivo foi maximizar receitas (Z), sujeito às seguintes restrições:

- i) O volume de colheita por hectare deve ser menor ou igual a $21,5 \text{ m}^3/\text{ha}$;
- ii) Número mínimo de espécies a serem colhidas (assinado em contrato);
- iii) O volume colhido de todas as espécies deve ser menor ou igual ao seu volume disponível;
- iv) Árvores colhidas devem estar dentro do alcance máximo do raio das trilhas de arraste (no estudo até 250m – sem restrição, e até 30m – restrição máxima);

Foram construídos 21 cenários de otimização referentes a diferentes arranjos de restrições (tabela 3). Foi realizado um cenário base, sem nenhuma restrição considerada na função objetivo, e sete cenários para cada modelo de otimização,

restrição de espécies a serem colhidas, distância de arraste e as duas variáveis no mesmo modelo.

Tabela 3. Descreve os cenários de restrições utilizados no modelo de programação linear. Possui um cenário base, sete cenários (Sc1 a Sc7) de otimização de distância de arraste (Otmz Dist); otimização de número de espécies colhidas (Otmz Spp) e as duas restrições combinadas (Otmz Dist e Spp).

Cenários		nº de Espécies	Distância de Arraste (m)
Base	Sc1	37	250
Otmz Dist	Sc1	37	250
	-	-	x
	-	-	x
	-	-	x
	-	-	x
-	-	x	Restrição Gradativa
	Sc7	-	30
Otmz Spp	Sc1	37	250
	-	x	-
	-	x	-
	-	x	-
	-	x	-
-	x	-	Sem Restrição
	Sc7	6	-
Otmz Dist e Spp	Sc1	37	250
	-	x	x
	-	x	x
	-	x	x
	-	x	x
-	x	x	Restrição Gradativa
	Sc7	6	30

A função objetivo e as restrições mencionadas acima podem ser matematicamente expressas pelas equações:

$$Max Z = \sum_{i=1}^m (p_i X_i)$$

Sujeito a:

$$(i) \sum_{i=1}^m X_i \leq 21.5$$

$$(ii) \sum_{i=1}^m Y_i \geq k$$

$$(iii) X_i - v_i Y_i \leq 0 \{i = 1, 2, \dots, m\}$$

$$(iv) d_j - v_j Y_j \leq 0 \{j = 250, \dots, 30, n\}$$

Onde:

X_i = Volume colhido das árvores i m³/ha na UPA

Y_i = Variável binária i , informa se a árvore i foi cortada, (1) significa que árvore foi cortada e (0) significa que a árvore remanesce em pé

p_i = valor por m³ da espécie i^{th} em USD

k = número de espécies colhidas na UPA

v_i = volume disponível da árvore i em m³

m = número total de árvores comerciais

d_j = distância de arraste de toras em termos de custo por m³ das árvores j^{th}

n = distâncias de arraste pré-definidas

Para operar o modelo proposto foi utilizado o Microsoft Excel com o complemento OpenSolver, que não apresenta limitações no número de variáveis de decisão.

2.5 Análise de Sensibilidade

A análise de sensibilidade foi calculada pela TIR, através da variação do preço de mercado da madeira e no valor pago pelo concessionário para manejar a unidade de manejo florestal. Como os preços no mercado interno e internacional sofreram retração real nos últimos e uma das hipóteses do estudo é que o valor pago pela concessão constitui o maior custo à operação do manejo florestal, a análise de sensibilidade analisou uma diminuição gradual no preço da madeira até 50% e no valor da concessão até 100% (valor zero pago pelo concessionário pela madeira colhida). Apesar desse cenário macroeconômico, também foi calculado a sensibilidade na TIR pelo aumento no valor da concessão, uma vez que a mesma se encontra atrelada ao IPCA, e o centro da meta da inflação Brasileira segundo o BACEN é de 4,5% ao ano, calculou-se um aumento gradativo na taxa de concessão de 5% até 100%. Também se considerou um aumento gradativo no preço da madeira até 50% que remeteria aos preços reais no mercado internacional de 2008.

Ainda, foi feita uma análise de sensibilidade do Valor Presente Líquido do projeto em função da variação da taxa de desconto do fluxo de caixa do projeto.

3. RESULTADOS

3.1 Inventário Florestal

Os resultados do inventário mostra que existem 96 espécies potencialmente comerciais na UPA 3 da UMF III. Após a aplicação dos filtros de seleção de espécies raras, espécies protegidas por lei, árvores inacessíveis, qualidade de fuste e espécies fora do escopo de contrato, culminou em 37 espécies potenciais para colheita na UPA 03 (lista das espécies se encontram no anexo 1). O volume total da UPA foi de 32.260 m³, e volume de 20 m³/ha, área basal de 2.700 m² e um total de 4.100 árvores, ou 2,5 árvores/ha com volume médio individual por árvore de 8,0 m³. A distribuição diamétrica do povoamento seguiu o padrão “J” invertido. Os coeficiente ajustados para equação 1 foram:

$$V = 0.9494 - 0.0053(DBH) + 0.00086(DBH)^2$$

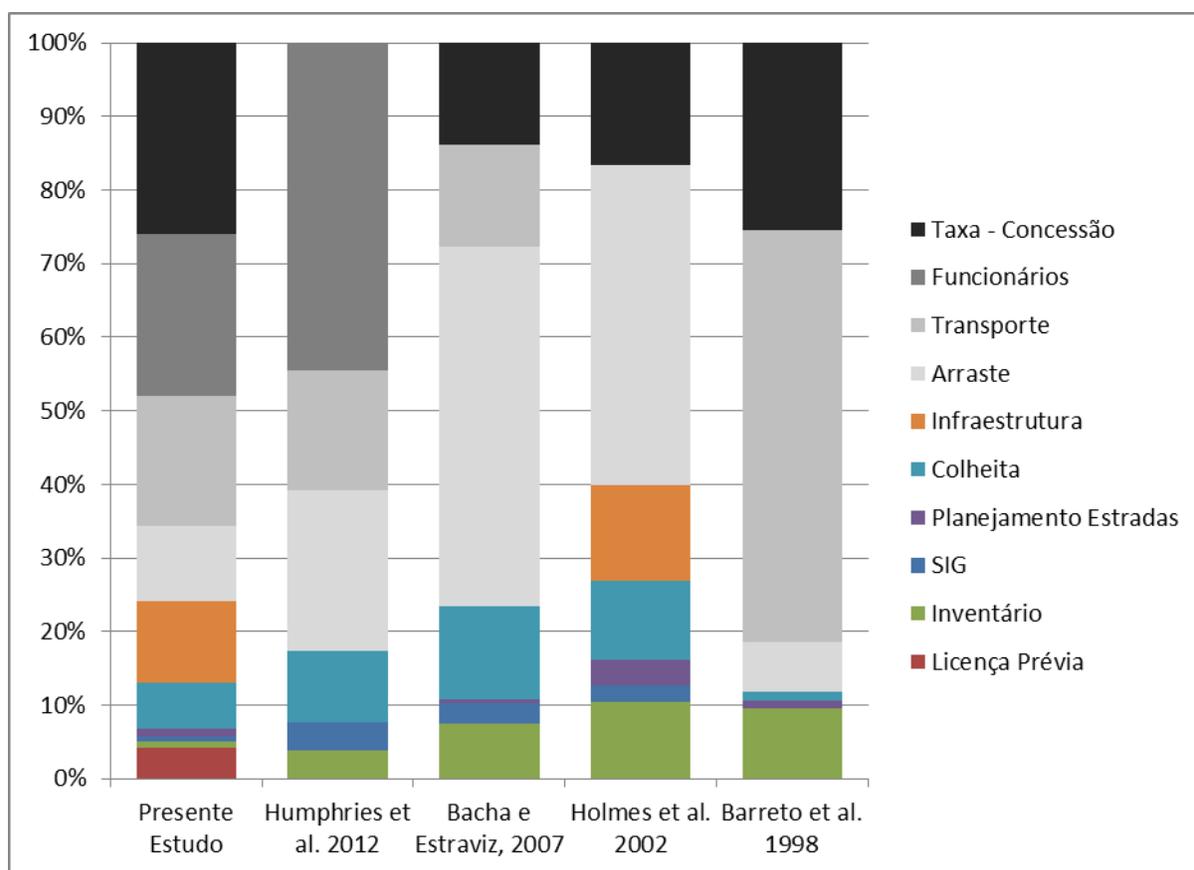
O coeficiente de determinação foi $R^2 = 0,80$; e o erro padrão da estimativa foi $S_{yx} = 1,44$.

3.2 Rentabilidade das Concessões Florestais

3.2.1 Custos

Os resultados mostraram que a taxa de concessão por volume colhido, custos administrativos, transporte e arraste corresponderam às maiores despesas (figura 9), esses custos representam 28%, 22%, 18% e 10% respectivamente do total. Ao todo as quatro atividades correspondem a 78% do custo, entre 10 atividades mensuradas. Nos outros estudos comparados quando mensurados as atividades, essas também apresentaram os maiores custos.

Figura 9. Proporção dos custos por atividade de manejo florestal, calculado ano a ano, compara o presente estudo com outros autores.

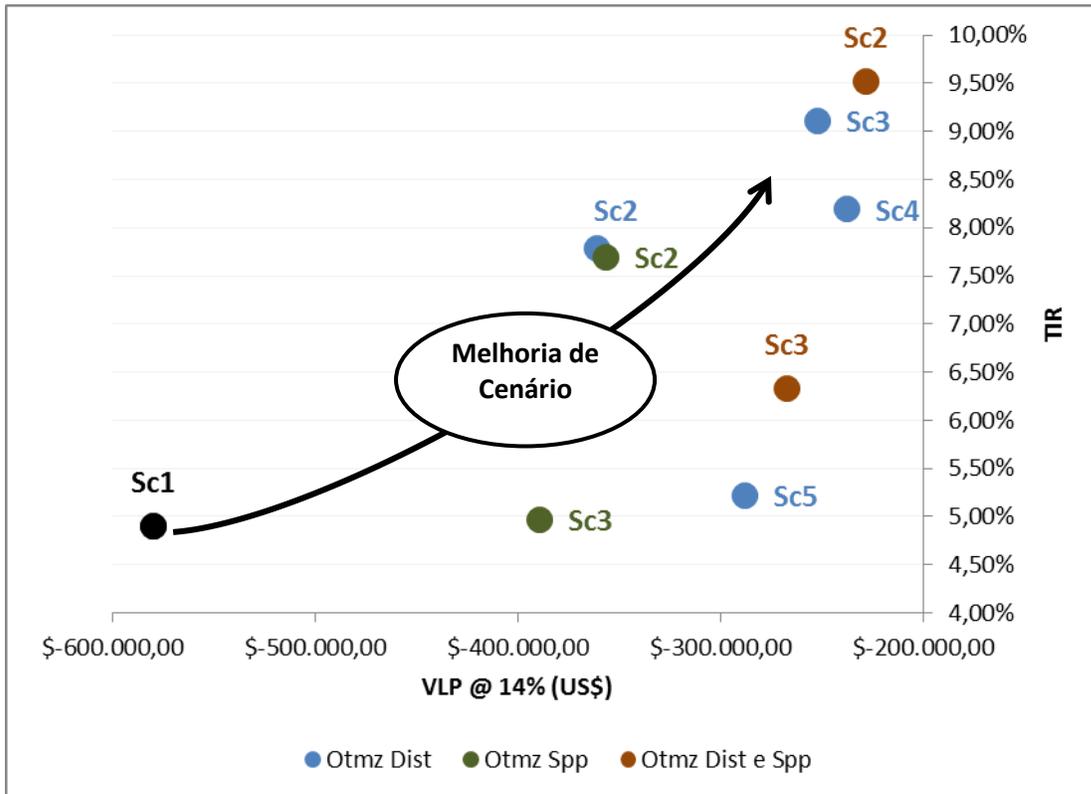


3.2.2 Viabilidade Econômica e Otimização

O cenário base descontado em um fluxo de caixa de 25 anos com taxa de desconto de 14% resultou em um Valor Presente Líquido de USD -580.150,63 e Taxa Interna de Retorno de 4,9%. O fluxo de caixa detalhado encontra-se no anexo 2. O cenário base considerou a colheita de toda a madeira comercial disponível no inventário dentro do raio de 250 metros adjacente de cada pátio de tora.

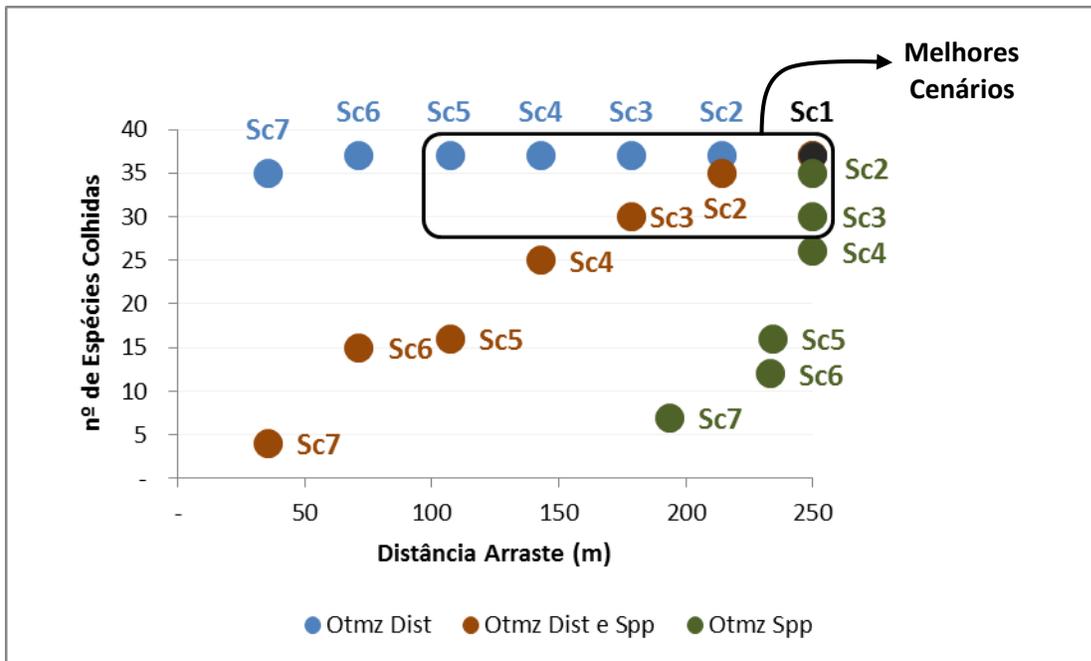
Todos os cenários otimizados apresentaram ganhos na taxa interna de retorno e no valor presente líquido do projeto. Os melhores retornos ocorreram na restrição combinada entre espécies e distância de arraste (Sc2) a TIR resultou em 9,5% e o VPL em USD – 228.385,22, seguido da otimização de distância de arraste (Sc3) TIR 9,1% e VPL -252.494,80, e a otimização de espécies (Sc2) TIR 7,7% e VPL USD -356.749,47 (figura 10). Apesar dos ganhos econômicos gerados pela otimização com as restrições de espécies e distância de arraste, nenhum dos cenários apresentados é economicamente viável para um fluxo de caixa de 25 anos descontados a 14%.

Figura 10. Mostra a solução ótima do modelo de programação linear e compara a taxa interna de retorno e o valor presente líquido dos principais cenários. O cenário base (Sc1) é o mesmo para todos.



Os diferentes cenários da otimização aumentam a rentabilidade do manejo Florestal em concessões florestais até certo ponto (figura 11). Quando o número de espécies e distância máxima de arraste fica muito restrito, o volume de colheita na UPA fica reduzido e os custos fixos por m³ colhido aumentam, reduzindo a rentabilidade. Esses cenários muito restritos resultaram em TIR e VPL abaixo do cenário base (Sc1).

Figura 11. Mostra a dinâmica dos modelos de otimização em relação às restrições de número de espécies colhidas e distância de arraste.



A correlação dos resultados entre as figuras 10 e 11 indicaram que o melhor resultado é atingido quando se restringe a distância máxima de arraste até 215 metros e colheita de 35 espécies (Sc2 - Otmz Dist e Spp). Na otimização com restrições na distância de arraste e espécies, quando a distância fica limitada a 150 metros e 25 espécies a TIR fica menor que zero e o modelo não encontra uma solução ótima para a função objetivo. A mesma dinâmica ocorreu para os outros cenários.

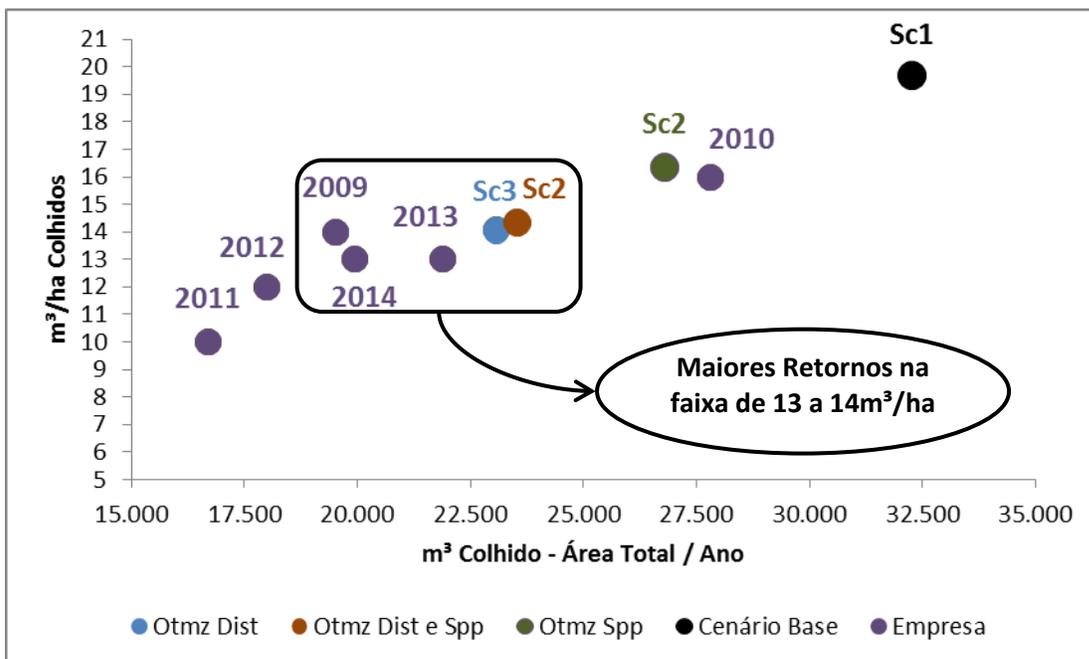
Na otimização de espécies quando se restringe mais de 30 espécies não foi encontrada uma solução ótima. O melhor cenário para a otimização de espécies foi o Sc2, e resultou na colheita de 35 espécies. Os resultados da otimização de espécies indicam que árvores de menor valor, classificadas pelos grupos 3 e 4 (baixo valor) assim como

árvores de menor volume individual tendem a ser eliminadas, ou seja, deixadas intactas em pé na floresta.

A otimização de distância de arraste atingiu os maiores retornos econômicos quando restringida até 180 metros (Sc3). Quando se restringe muito a distância de arraste como no Sc7 até 35 metros, não foi possível encontrar solução ótima, inclusive não foi possível colher todas as espécies. Possivelmente nesse caso especificadamente na UPA 03 algumas espécies com menor distribuição não foram identificadas dentro do raio de 35 metros ao redor do pátio de toras. Esse comportamento também é verificado na otimização por espécies. No caso da Sc7, quando a colheita ficou restrita em 7 espécies o raio máximo de arraste foi de 195 metros. Ainda, nesse cenário o modelo seleciona para colheita apenas espécies do Grupo 1 (alto valor).

A programação linear resulta na restrição de produção de madeira em volume na UPA. Comparado ao cenário base que colheu quase a totalidade da madeira comercial disponível na UPA (32.000 m³ e 20 m³/ha) as soluções ótimas encontradas resultaram em volume de colheita entre 13 e 14 m³/ha e volume total de colheita na UPA entre 20.000 e 23.000 m³ (figura 12). Esse resultado indica que os maiores retornos estão em uma faixa de colheita menor do que o máximo permitido em contrato, deixando árvores inacessíveis, de baixo valor e volume individual em pé. Isso resulta em ganhos econômicos em função de maior eficiência do planejamento e operação, maximizando as receitas em função da estrutura fixa e permanente instalada no manejo florestal.

Figura 12. Compara a colheita de madeira na UPA em volume total e por hectare dos diferentes cenários, e com os resultados dos últimos 6 anos obtidos pela empresa concessionária da UMFIII da FLONA Jamari.



3.3 Análise de Sensibilidade

3.3.1 Preço da Madeira e Taxa de Concessão

Análise de sensibilidade foi realizada para o cenário base, para o melhor cenário de otimização de espécies (Sc2), de distância (Sc3) e a otimização combinada (Sc2) (figuras 13, 14, 15 e 16). Os resultados foram apresentados na forma matricial comparando as variações na TIR através do teste hipótese com duas variáveis (preço da madeira e variação na taxa de concessão da madeira em pé).

Figura 13. Mostra a variação da TIR do cenário base em função da variação do preço da madeira e da taxa de concessão. O valor ponderado por m³ da madeira foi de USD 125,75 e o custo de concessão USD 29,65.

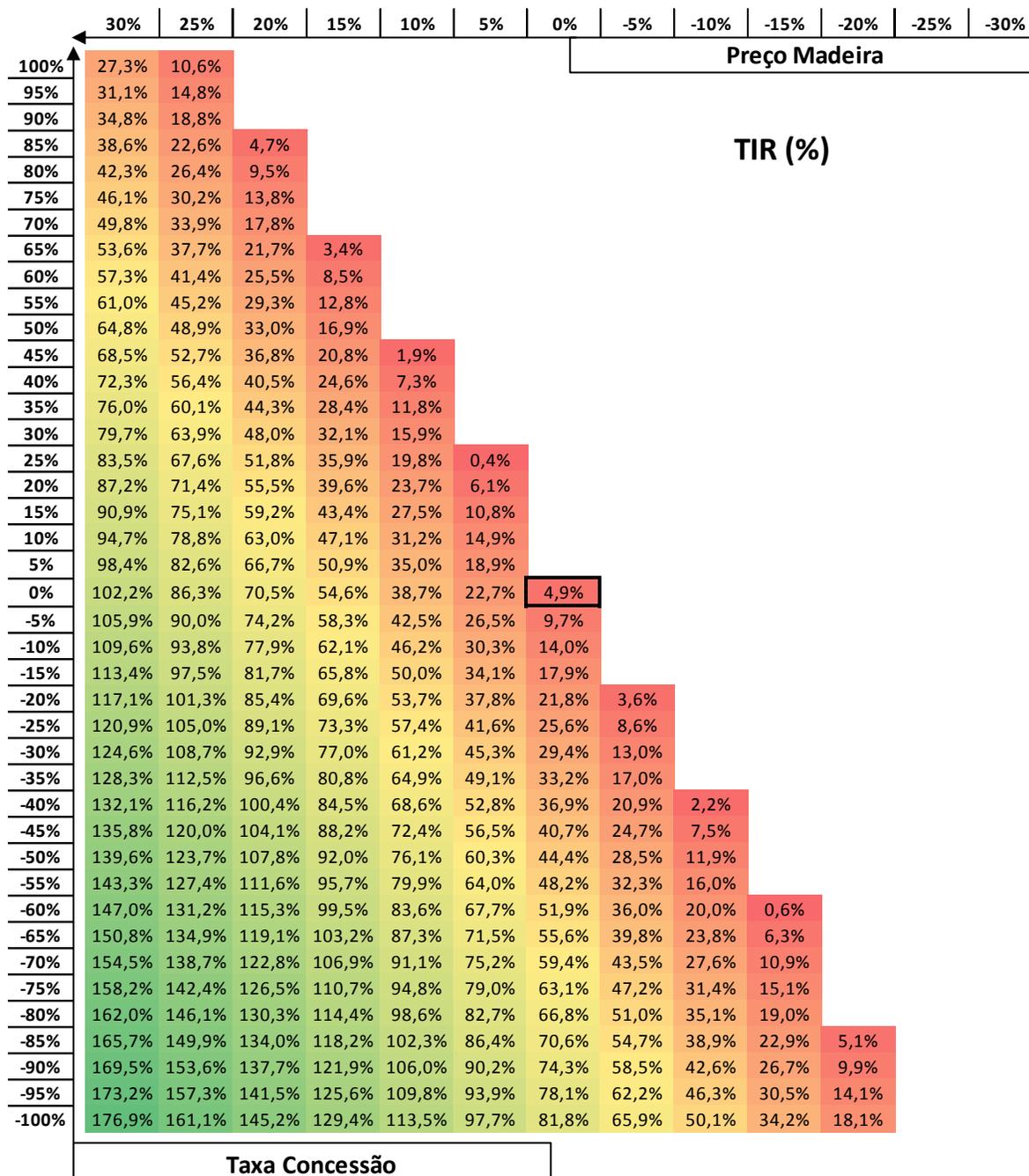


Figura 14. Mostra a variação da TIR do Sc2 da otimização de espécies em função da variação do preço da madeira e da taxa de concessão. O valor ponderado por m³ da madeira foi de USD 129,45 e o custo de concessão USD 31,49.

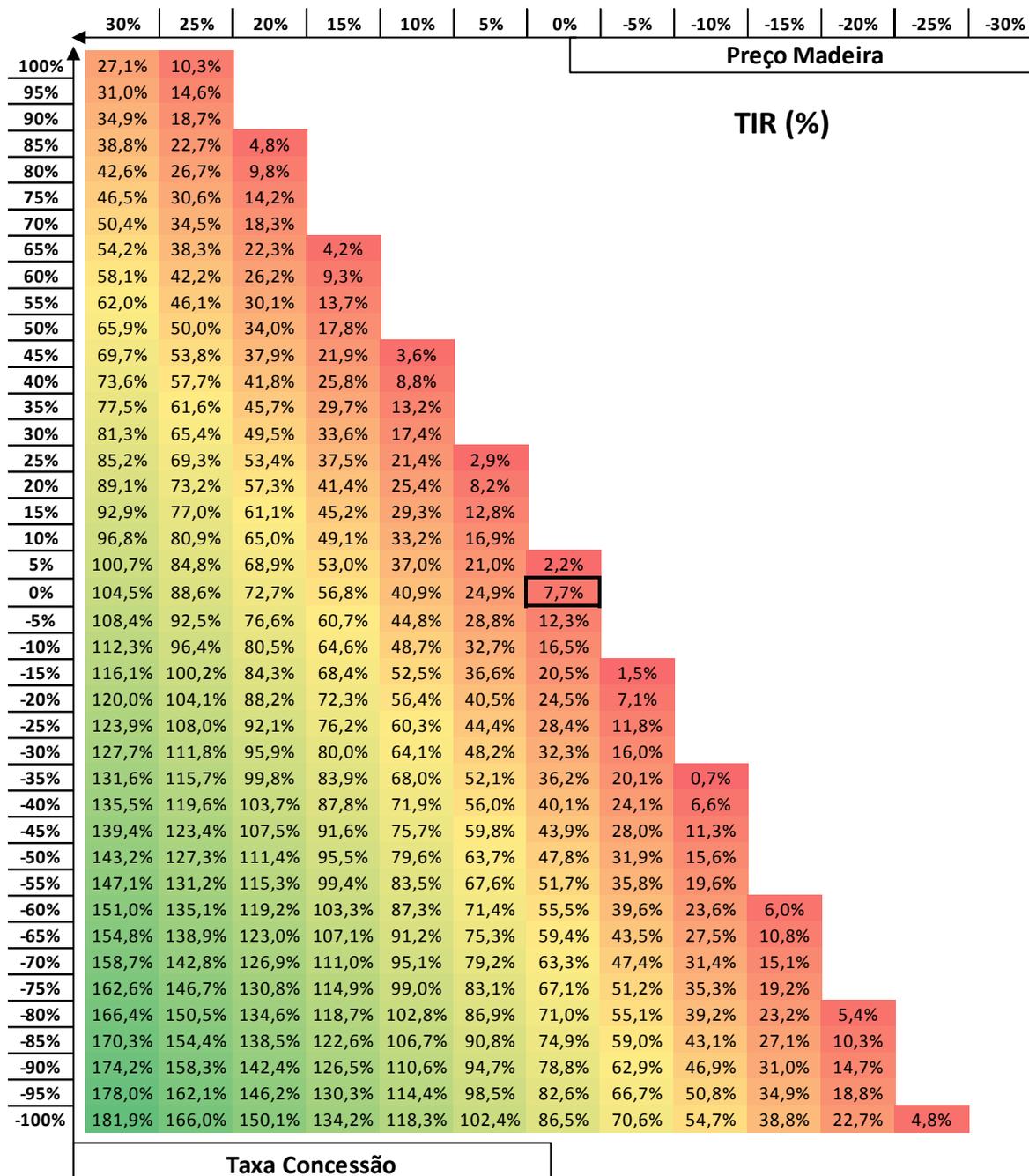


Figura 15. Mostra a variação da TIR do Sc3 da otimização de distância de arraste em função da variação do preço da madeira e da taxa de concessão. O valor ponderado por m³ da madeira foi de USD 125,95 e o custo de concessão USD 29,77.

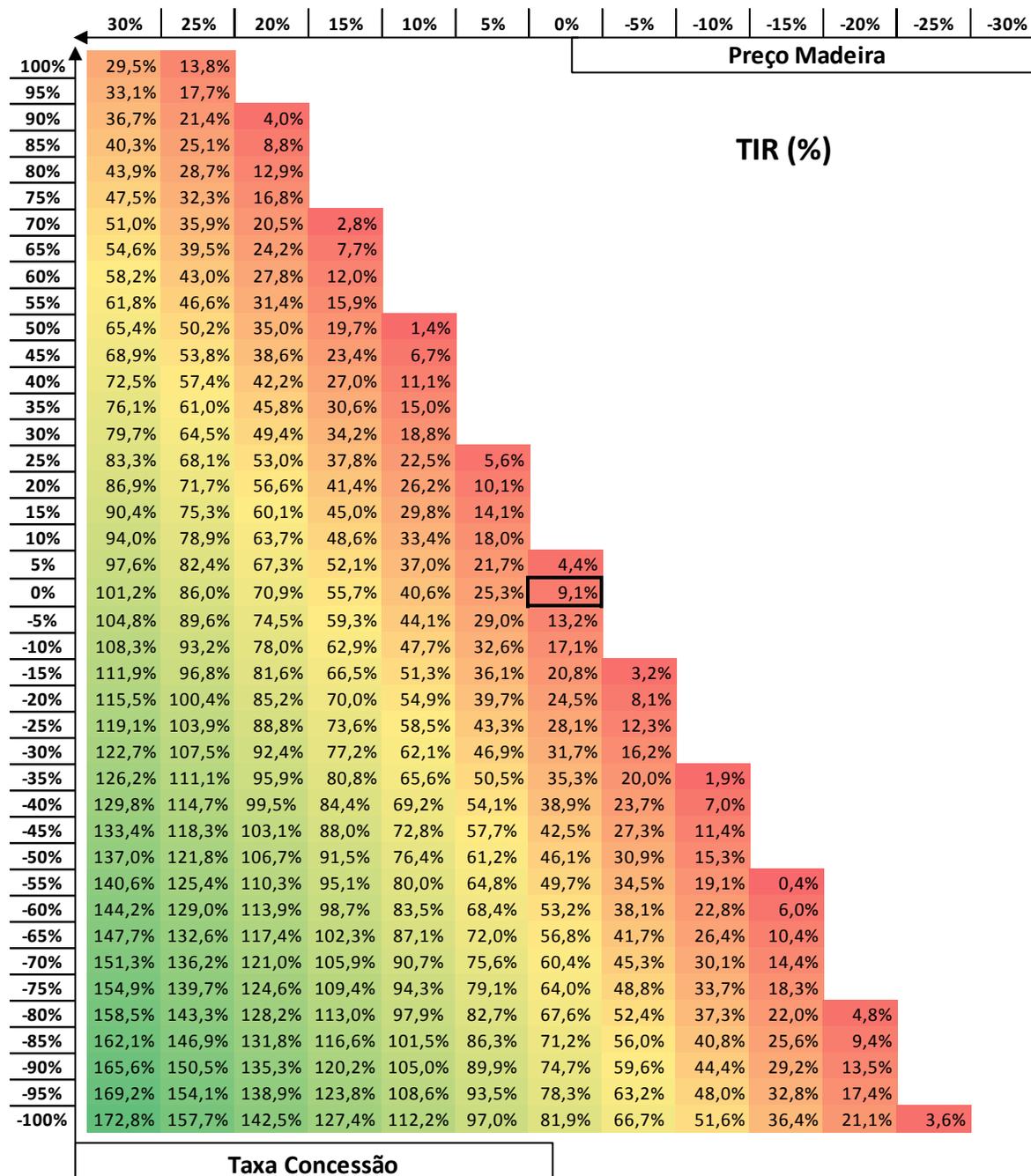
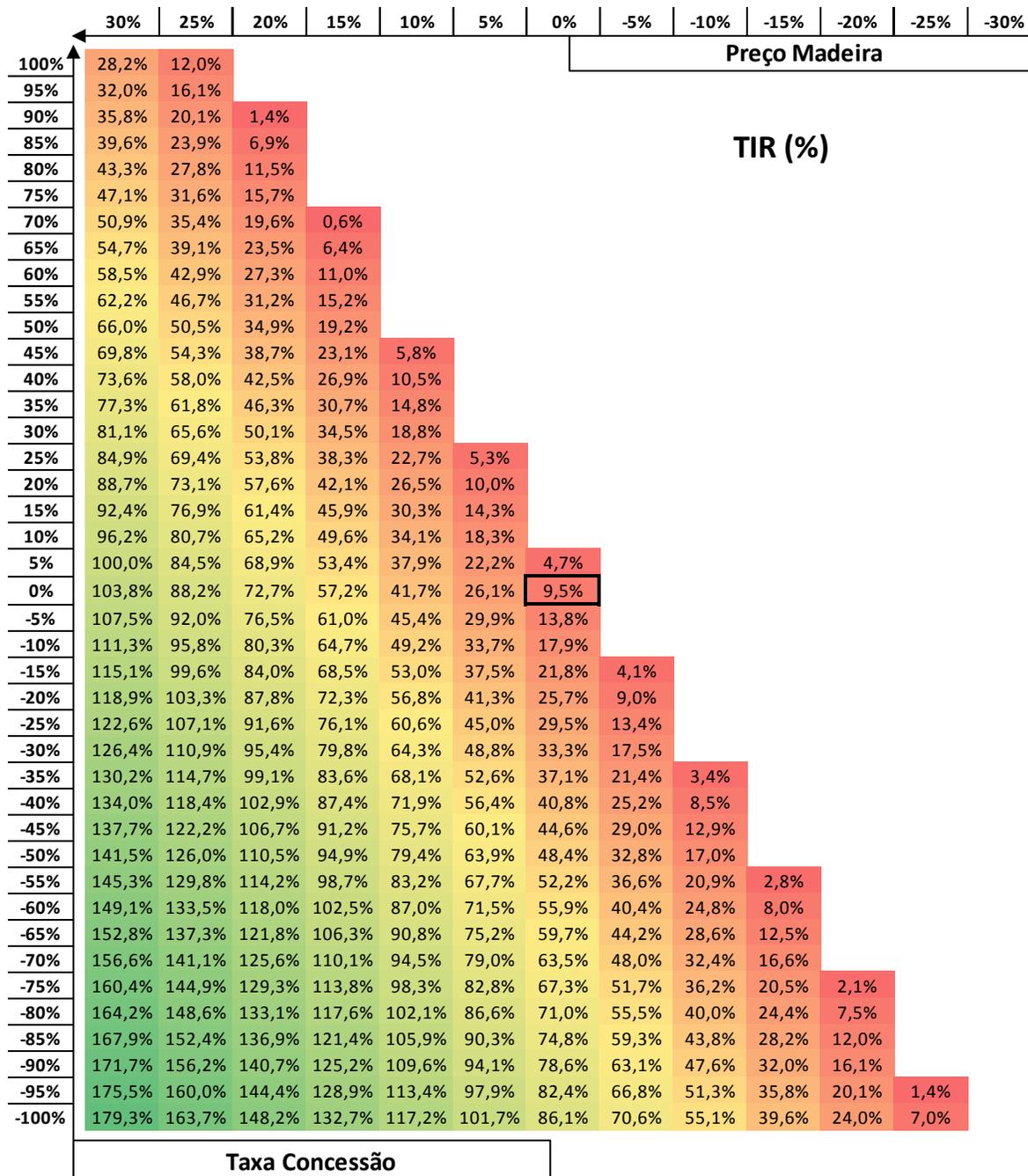


Figura 16. Mostra a variação da TIR do Sc2 da otimização combinada entre distância de arraste e espécies em função da variação do preço da madeira e da taxa de concessão. O valor ponderado por m³ da madeira foi de USD 129,42 e o custo de concessão USD 31,47.

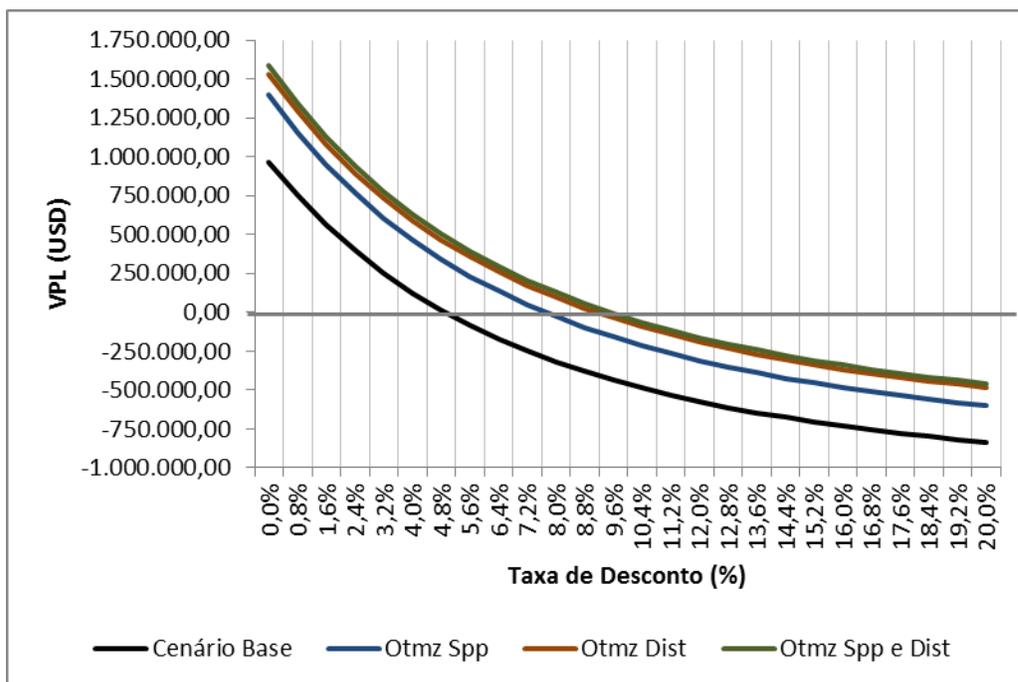


Em todos os cenários, uma eventual redução preço da madeira maior que 30% inviabilizaria o manejo em concessões florestais, mesmo com isenção da taxa cobrada pela colheita da madeira em pé, que representa o maior custo da operação florestal (28% do custo total).

3.3.2 Variação na Taxa de Desconto

Foi avaliado a dinâmica do resultado do VPL em função da variação da taxa de desconto no fluxo de caixa do projeto (figura 17). Os resultados mostram que todos os melhores cenários otimizados apresentam VPL positivo quando utilizado taxa de desconto menor 7,0% ao ano.

Figura 17. Mostra o resultado do VPL em função da variação da taxa de desconto, descontados para um fluxo de caixa de 25 anos. Quando VPL é igual à zero, tem-se a TIR do projeto.



4. DISCUSSÃO

Os resultados de custos do estudo mostraram que a taxa de concessão representou o maior custo para o concessionário, e a operação de arraste foi o quarto maior custo das atividades mensuradas. Esse resultado confirma parcialmente a hipótese de custos do estudo. Comparado a outros estudos (BACHA; RODRIGUEZ, 2007; BARRETO et al., 1998; HOLMES et al., 2002) a taxa de concessão impactou menos a rentabilidade do manejo florestal nos referidos estudos. Essa diferença na comparação com os outros autores se deve principalmente pelo fato do presente estudo estar dentro do marco regulatório das concessões florestais (BRASIL, 2006), que determinou preços mínimos para o leilão. Adicionalmente, Holmes et al. (2002) e Barreto et al. (1998) avaliaram custos para manejo florestal em pequenas propriedades, em diferente sistema regulatório comparada à concessão. O estudo de Bacha e Rodriguez (2007) avaliou custos de colheita de impacto reduzido na FLONA Tapajós dentro de concessão, porém com diferente sistema de taxação, e a coleta de dados do estudo ocorreu em 2004, antes do lançamento do marco regulatório das concessões florestais de 2006.

As taxas paga pela madeira colhida, encontradas por Bacha e Rodriguez (2007) foi de 7,98; 4,78 e 2,22 USD/m³ para madeira de alto valor, médio e baixo valor respectivamente (valores convertidos para o dólar, cotação de 2004 -> 2,92BRL= 1,00USD e ajustado pelo IPCA do período 2004 a 2014 = 61,66%). Comparado com o presente estudo, esses valores da taxa de concessão são respectivamente 81%; 82% e 83% mais baixos comparados para os grupos de madeira de alto valor, médio e baixo. O alto valor da taxa pago pelo concessionário explica parcialmente a hipótese do

estudo relacionado à rentabilidade das concessões florestais. Em que, o manejo florestal em concessões não são economicamente atrativos. Adicionalmente, todas as taxas pagas pelo concessionário são corrigidas pelo IPCA (Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo) o que coloca mais pressão na rentabilidade do manejo florestal sob concessão. Para o ano de 2015 a expectativa é que o IPCA atinja 10%, o que significa um aumento nas taxas (fixa anual e variável pela colheita) pagas pelo concessionário em 10% (ANBIMA, 2015). Ao mesmo tempo, os preços no mercado internacional de madeira são incertos. Apesar da queda de 70% nos índices de desmatamento (INPE, 2014) os preços da madeira no mercado internacional também apresentam queda (ITTO, 2014). Um dos principais motivos para a queda no preço da madeira é em função da substituição por outros produtos como: aço; concreto e plástico. Existe também grande volume de madeira ilegal colocada no mercado, que pressiona a diminuição do preço das madeiras tropicais.

Os resultados de custo da operação de arraste mostraram que o presente estudo possui custos por m³ menores comparados aos autores referidos (BACHA; RODRIGUEZ, 2007; HOLMES et al., 2002; HUMPHRIES et al., 2012) e custo similar comparado a Barreto et al. (1998). Adicionalmente, Humphries et al. (2012) avaliaram manejo florestal em pequena escala, enquanto nos outros estudos a avaliação de custos contabilizou a compra ou aluguel de máquinas. O presente estudo considerou a contratação desses serviços. Operações em pequena escala tendem a aumentar o custo fixo operacional por m³ quando comparado com operações em grande escala.

Os resultados de rentabilidade mostraram que o manejo florestal em concessões florestais não apresenta viabilidade econômica, e confirmam essa hipótese do estudo.

A taxa de desconto utilizada de 14% ao ano foi escolhida baseada na taxa SELIC (Sistema Especial de Liquidação e de Custódia) praticada atualmente no Brasil, que é de 14,25%. Isso significa que bancos privados e públicos, usam essa taxa como base para seus spreads e empréstimos no mercado. Dessa maneira, investimentos considerados atrativos no Brasil devem promover taxas interna de retorno próximo ou acima da taxa SELIC.

Os autores Bacha e Rodriguez (2007) encontraram TIR de 35,8% e VPL de USD 500.740,00. Tanto a TIR quanto o VLP foram mais altos que os encontrados no presente estudo. Esses resultados podem ser explicados pelo fato desses autores utilizarem taxa de desconto de 6% para cálculo do VPL e o fluxo de caixa foi descontado a 6%. A análise de sensibilidade do VPL do presente estudo em relação à taxa de desconto mostrou que o fluxo de caixa de 25 anos quando descontado a uma taxa de 6% retornou um VPL de USD 350.000,00. Todavia, nesse caso a comparação ideal seria o VPL anualizado, por se tratarem de projetos com diferentes horizontes de tempo para descontar os fluxos de caixa.

Humphries et al. (2012) encontraram grandes variações na taxa interna de retorno em manejo florestal em pequena escala. Variaram desde 12%; 2% até negativo -48%. Nesse caso a viabilidade econômica foi menor em função dos altos custos administrativos nessas operações.

Considerando as opções de diferentes usos da terra na Amazônia Brasileira, como pecuária e agricultura, o manejo florestal em concessões apresentou retornos econômicos parecidos ou menores comparado a esses usos alternativos. Poucos

autores (ARIMA; UHL, 1997; MERRY; SHEIKH; MACGRATH, 2004; TONIOLO; UHL, 1995) determinaram o retorno econômicos de usos alternativos do solo na Amazônia e encontraram taxas internas de retorno em uma faixa de -2% a 15%. A maior parte dos estudos avaliaram projetos de pecuária, que notadamente gera menores retornos que culturas anuais.

O manejo de florestas naturais existe há muitos anos em países do hemisfério norte como Estados Unidos e Finlândia. A realidade macroeconômica nesses países com taxa básica de juros próxima a zero (0,25% nos EUA e 0,50% na zona do Euro) e inflação próxima a zero permitem o manejo florestal com planejamento em longo prazo, e baixo custo de capital. Caso a realidade Brasileira fosse semelhante à desses países o manejo florestal sob o regime de concessão preconizado pelo SFB seria economicamente viável, conforme descrito nos resultados de análise de sensibilidade da taxa de desconto e variação das taxas de concessão.

A programação linear mista inteira foi capaz de aumentar a rentabilidade do manejo florestal, e confirmou a hipótese do estudo relacionada à otimização e programação linear. A otimização da distância de arraste mostrou ter maior impacto na rentabilidade compara à otimização de espécies. Essa dinâmica está ligada pelo fato da restrição de espécies serem muito restritivas na produção de volume de madeira, aumentando a proporção dos custos fixos por m³ colhido. Ainda, por regras de contrato que implica na necessidade de se colher certa diversidade de espécies, o cenário de otimização somente da distância de arraste parece ser mais realista. Assim como concluíram Rodriguez, Machado e Moreira (2009) a programação linear quando restringe o número de espécies, tende a escolher espécies de maior valor durante a otimização para achar

uma solução ótima para a função objetivo que é maximizar receitas. O uso da programação linear inteira mista se mostrou satisfatória. Variáveis inteiras ajudam a trabalhar com problemas de alocação, nesse caso atribuindo quais árvores são colhidas e quais permanecem em pé. Philippart et al. (2012) utilizaram modelo similar, com restrições binárias para solução de problemas de alocação de pátios de toras em manejo florestal na África.

Adicionalmente, a programação linear indiretamente otimiza o volume de colheita por UPA. Os melhores cenários do presente estudo resultaram em colheitas anuais na faixa de 13 a 14 m³/ha. Esses números são reforçados pelos resultados econômicos do concessionário da UMF III da FLONA Jamari (SFB, 2015), onde nos anos de 2009, 2013 e 2014 o concessionário colheu volume de madeira próximo a esses patamares. O cenário base (Sc1), que resultou na rentabilidade mais baixa entre todos, sugere que colher toda a madeira disponível no contrato de concessão não resulta nos retornos financeiros mais altos.

A programação linear nesse caso se mostra um instrumento proeminente para planejamento e suporte de decisão. Juntamente com o sistema de informação geográfica, após o processo de otimização, a equipe de planejamento notifica o operador de campo quais trilhas de arraste poderão ser abertas de acordo com as árvores designadas para corte (RODRIGUEZ; MACHADO; MOREIRA, 2009).

A análise da matriz de sensibilidade que compara a TIR em função das variáveis valor de concessão e valor da madeira permitiu realizar centenas de cenários de viabilidade econômica. Comparado a rentabilidade com outros estudos, Bacha e Rodriguez (2007)

que obtiveram TIR de 35,8% e custos de concessão 80% menores, o presente estudo quando reduzido em 80% o custo de concessão e diminuído o preço da madeira em 10% da madeira a TIR é de 35,1% no cenário base, e no cenário de otimização de espécies e distância a TIR seria de 40%.

Porém, a realidade macroeconômica é diferente da realidade de diminuição de custos. A série histórica do ITTO mostra retração real nos preços da madeira desde 2008, e no mesmo período, dados do Serviço Florestal Brasileiro mostram aumento de 35% na taxa de concessão pago pelo concessionário da UMF III. Esse aumento corresponde ao IPCA do período entre 2008 e 2014. Para o ano de 2015 com expectativa do IPCA muito acima da meta, por volta de 10%, pela análise de sensibilidade é possível verificar que os concessionários sofrerão pressão por custos. No cenário base um aumento de 10% na taxa de concessão implica em taxas internas de retorno negativas, isso é válido também para o cenário Sc2 da otimização de distância e espécies. Todavia, um aumento de 5% no preço da madeira nos dois cenários seriam o suficiente para tornar rentável o manejo florestal em concessões. Para os próximos 10 anos, considerando o IPCA dentro da meta, teríamos um aumento nas taxas de concessão de 45%, nesse caso seria necessário um aumento de 15% no valor da madeira para tornar as concessões economicamente viáveis. Se as tendências mostradas pela série histórica do ITTO se concretizarem, em qualquer cenário uma queda no preço da madeira maior que 25% torna qualquer cenário economicamente inviável, mesmo com a ausência da taxa de concessão. As análises dos diversos cenários de sensibilidade mostram que as variáveis dependentes do retorno financeiro desse projeto são extremamente frágeis. Uma vez que, diferentemente de outras concessões como de

rodovias e aeroportos, onde apesar das taxas de concessão ser reajustada pelo IPCA, a fonte de renda desses empreendimentos também são reajustadas pelo concessionário, como taxa de embarque e tarifas de pedágio. Enquanto o concessionário florestal depende totalmente do mercado, sem ser possível planejar ou reajustar o valor da sua fonte de renda que é a madeira. Esse fato dificulta o planejamento em longo prazo, como é o caso das concessões florestais que possui um horizonte de planejamento de 25 anos.

Análise de sensibilidade na redução de outros custos no manejo florestal sob concessão não foi analisado. Uma vez que o Brasil passa por um período de austeridade, estagnação econômica, ajuste fiscal e alta inflação. Com o aumento nos preços de combustível, transações financeiras e inflação próxima a 10%, garantem que os custos na realidade tem uma forte tendência de aumento (LEAHY, 2015).

Mesmo que as taxas de concessão são acordadas em contrato, os autores acreditam que a taxa de concessão é o fator que desestimula o investidor e responde a pergunta dessa pesquisa, porque menos de 2% das áreas aptas à concessão foram concedidas. De acordo com o SFB (2015), de 2010 a 2013 as florestas atualmente sob concessão manejaram e colheram 159.735 m³ e geraram receitas de USD 6.299.423,00 para o SFB na forma de pagamento de taxas (valores ajustados para o IPCA até 2014 e convertidos para o câmbio de 2014). Nesses termos o SFB recebeu aproximadamente USD 1,5 milhões por ano, por conceder aproximadamente 40 mil m³ de madeira ao ano. De acordo com Banerjee e Alavalapati (2009), a meta do governo Brasileiro era conceder 13 milhões de hectares de Florestas Nacionais até o ano de 2020.

Comparando a meta com o que está concedido, é provável que esse número não seja atingido.

Essa situação traz aos formuladores de políticas públicas um dilema de custo de oportunidade. Para atingir a meta, é necessário tomar decisões baseadas em custo de oportunidade, abaixando as taxas de concessão da madeira colhida, estimular e atrair mais empresas a participar dos leilões, concedendo mais áreas e aumentando o faturamento e recolhimento para as agências do governo.

Como exemplo da análise de sensibilidade se a taxa de concessão por m³ de madeira diminuir 20%, o faturamento anual do Serviço Florestal Brasileiro seria de USD 1,2 milhões, considerando o mesmo volume de madeira colhido pelos concessionários. Considerando a meta de 13 milhões de hectares até 2020, e hoje existem um pouco mais de 700 mil hectares concedidos, seria necessário conceder 2,5 milhões de hectares por ano, considerando uma intensidade de corte de 200 mil m³/ano. Caso esse cenário seja considerado atrativo para os investidores e atinja as metas de áreas concedidas, o faturamento anual do SFB seria da ordem de USD 6.000.000,00. Essa situação traz ao SFB um custo de oportunidade de USD 4,5 milhões por ano em diminuir o preço mínimo de concessão. Até o ano de 2020 o custo de oportunidade seria de USD 22,5 milhões. De qualquer maneira as análises de custo de oportunidade não são simples, pois as decisões de alternativas para o preço mínimo produzem resultados desconhecidos. No fim, não é possível prever se diminuir o preço de lance mínimo irá atrair investidores para leilões de manejo florestal nas FLONAs.

Adicionalmente, explorar produtos florestais não madeireiros e ecoturismo podem complementar o faturamento dos concessionários das FLONAs. Vários produtos florestais não madeireiros são passíveis de exploração dentro do escopo dos planos de manejo. Klimas, Kainer e Wadt (2012) encontraram que a colheita e o processamento de sementes de *C. guianensis* podem aumentar em USD 25/ha a rentabilidade do manejo florestal. A rentabilidade do ecoturismo dentro das concessões deve ser avaliado também. Não foi encontrado estudos sobre a rentabilidade da atividade de ecoturismo dentro de FLONAs concedidas.

Explorar novos mercados e pagamentos por serviços ambientais também se mostram como alternativas para aumentar a atratividade das concessões florestais. Os benefícios sociais e ambientais das concessões são difíceis de serem monetizadas, porém devem ser consideradas devido a esses benefícios produzidos pelo manejo florestal nas FLONAs. As atividades sociais e econômicas propiciadas pelas empresas concessionárias protegem as FLONAs de invasões e exploração predatórias, que segundo Nepstad et al. (2006) é possivelmente o maior problema na Amazônia. Isso significa que as autoridades fiscalizatórias do governo para crimes ambientais e invasões precisam alocar menos recursos para monitorar essas áreas. Uma possível maneira de quantificar financeiramente essa externalidade positiva seria avaliando a economia promovida para o governo em termos de vigilância e supervisão promovido pela atividade social promovida pelo manejo florestal. Bacha e Rodriguez (2007) concluíram que o manejo florestal em florestas nacionais promovem oportunidade de empregos locais, onde existe uma escassez de empregos e contribui para o bem estar e desenvolvimento humano para a população local.

A Convenção do Clima – COP 21 que ocorrerá em Paris em Dezembro deverá ser crucial para o futuro das florestas tropicais. Existe a expectativa para um acordo voluntário para diminuir as emissões gases do efeito estufa. Os acordos climáticos representam uma oportunidade única para o manejo de florestas tropicais como atividade mitigadora. Incluir o manejo florestas tropicais em regimes de REED+ para alavancar crédito e certificação florestal como o FSC para abrir mercados internacionais são oportunidades para aumentar a viabilidade econômica da floresta em pé e viabilizar o conceito do *continuum* florestal, e tornar as florestas competitivas economicamente em relação aos outros usos da terra.

5. CONCLUSÃO

O estudo atingiu seu objetivo e desenvolveu um modelo de programação linear para suporte no planejamento do manejo de florestas tropicais, bem como avaliou a rentabilidade e as limitações do modelo de concessão.

A hipótese de rentabilidade foi comprovada. O manejo florestal sob concessão não é economicamente viável mediante ao fluxo de caixa descontado a 14% ao ano em 25 anos. Resultou em uma taxa interna de retorno de 4,9% e um valor presente líquido negativo de USD -580.150,63. A hipótese de custos foi parcialmente comprovada. A taxa de concessão da madeira colhida por agrupamento de espécies foi o custo mais alto, responsável por 28% do total, enquanto que a operação de arraste foi o quarto maior custo perfazendo 10% dos custos totais. A hipótese de otimização foi comprovada. A otimização através de modelos de programação linear com função objetivo de maximização de receitas e restrições de número de espécies colhidas e distância de arraste foi capaz de atingir 9,5% de taxa interna de retorno no melhor cenário.

A análise de sensibilidade permitiu inferir que o modelo de concessão proposto seria viável dada situação macroeconômica de países do hemisfério norte que tradicionalmente manejam florestas naturais, isto é, baixa taxa básica de juros, baixo custo de capital e baixo índice de inflação.

Ainda, pode-se concluir através da análise de sensibilidade e custo de oportunidade que o governo Brasileiro pode tornar as concessões florestais viáveis através da revisão da taxa de concessão da madeira colhida. A viabilidade econômica das concessões florestais é fundamental, uma vez que torna a floresta em pé competitiva às outras atividades de uso da terra. O manejo florestal deve contribuir para uma das metas que o Brasil se propôs no acordo mundial para o clima: eliminar o desmatamento ilegal até 2030.

6. AGRADECIMENTOS

A Empresa Amata SA concessionária da UMF III da FLONA Jamari – RO, por fomentar esse projeto e pela disponibilidade de dados.

7. REFERÊNCIAS

ALENCAR, A. A. C.; SOLORZANO, L. A.; NEPSTAD, D. C. Modeling forest understory fires in an eastern Amazonian landscape. *Ecological Applications*, v. 14, n. 4, p. 139–149, 2004.

Amata - *Florestas sob concessão, PLANO DE MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL* - Contrato de gestão nº 1 - 2008 . Disponível em:

<http://www.florestal.gov.br/concessoes-florestais/florestas-sob-concessao/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&catid=98&id=801>

Acesso em: 15 dez. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS ENTIDADES DOS MERCADOS FINANCEIRO E DE CAPITAIS – ANBIMA, *Projeções de Índices de Preços*, 2015. Disponível em: <<http://portal.anbima.com.br/informacoes-tecnicas/precos/indices-de-precos/Pages/ipca.aspx>> Acesso em: 15 dez. 2015.

ARIMA, E.; UHL, C. Ranching in the Brazilian Amazon is a national context: economics, policy and practice. *Society and Natural Resources*, v. 10, n. 5, p. 433–451, 1997.

ASNER, G. et al. Selective logging in the Brazilian Amazon. *Science*, v. 310, n.480, p. 480–482, 2005.

BACHA, C. J. C.; RODRIGUEZ, L. C. E. Profitability and social impacts of reduced impact logging in the Tapajos National Forest, Brazil—A case study. *Ecological Economics*, v. 63, n. 1, p. 70–77, 2007.

BANERJEE, O.; ALAVALAPATI, J. A. Computable general equilibrium analysis of Forest Concessions in Brazil. *Forest Policy and Economics*, v. 11, n. 4, p. 244-252, 2009.

BARRETO, P. et al. Costs and benefits of forest management for timber production in eastern Amazonia. *Forest Ecology and Management*, v. 108, n. 1, p. 9–26, 1998.

BRASIL. Lei no 11.284, de 2 de março de 2006. Dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável; institui, na estrutura do Ministério do Meio Ambiente, o Serviço Florestal Brasileiro – SFB; cria o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal – FNDF. *Diário Oficial [da] União*, Brasília, DF, 03 mar. 2006. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11284.htm>. Acesso em: 4 jan. 2015.

BUONGIORNO, J. Forest sector modeling: a synthesis of econometrics, mathematical programming, and system dynamics methods. *International Journal of Forecasting*, v. 12, n. 3, p. 329 – 343, 1996.

BUONGIORNO, J.; GILLESS, J. L. *Decision Methods for Forest Resource Management*. [S.l.]: Academic Press; Elsevier Science, 2003. p. 439.

CURTIS, F. H. Linear programming in the management of a forestry property. *Journal of Forestry*, v. 60, n. 9, p. 611-616, 1962.

DAVIDSON, E. A. et al. The Amazon basin in transition. *Nature*, v. 481, p. 321-328, 2012.

DE LEON, C. G.; URANGA, V. L. P. Theoretical evaluation of Huber and Smalian methods applied to tree stem classical geometries. *Bosque*, v. 34, n. 3, p. 311-317, 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006. p. 306.

EZZINE de BLAS, D.; PÉREZ, R. M. Prospects for reduced impact logging in Central African logging concessions. *Forest Ecology and Management*, v. 256, n. 7, p. 1509-1516, 2008.

FOREST STEWARDSHIP COUNCIL - FSC. *Updated Monthly : facts and Figures*. 2014. Disponível em: <<https://ic.fsc.org/facts-figures.19.htm>> Acesso em: 15 dez. 2014.

HOLMES, T. P. et al. Financial and ecological indicators of reduced impact logging performance in the eastern Amazon. *Forest Ecology and Management*, v. 163, n. 1, p. 93–110, 2002.

HUMPHRIES, S. et al. Are community-based forest enterprises in the tropics financially viable? Case studies from the Brazilian Amazon. *Ecological Economics*, v. 77, n. 4, p. 62–73, 2012.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBÁ. Base de Dados. *Relatório anual 2013*. Brasília, 2014. p. 97.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. *Produção da extração vegetal e da silvicultura, 2006*. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pevs/2006/pevs2006.pdf>> Acesso em: 15 dez. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. *Produção da extração vegetal e da silvicultura, 2012*. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pevs/2012/pevs2012.pdf>> Acesso em: 15 nov. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. *Produção da extração vegetal e da silvicultura, 2014*. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pevs/2014/pevs2014.pdf>> Acesso em: 15 nov. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. *Sistema Nacional de Índices de Preços ao Consumidor, 2015*. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/precos/inpc_ipca/defaultinpc.shtml> Acesso em: 15 nov. 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. *Data from PRODES (Estimate of Amazon Gross Deforestation Project), 2014*. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>>. Acesso em: 15 jan. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE - IBAMA. *Plano de Manejo da Floresta Nacional do Jamari*. Brasília, 2005.

INTERNATIONAL REVENUE SERVICE – IRS. U. S. Treasury - 2015. Disponível em: <<https://www.irs.gov/>>. Acesso em: 15 jan. 2015.

INTERNATIONAL TROPICAL TIMBER ORGANIZATION – ITTO. *Market Information Service (ITTO MIS)*. Biweekly publication of ITTO, 2014. Disponível em: <http://www.itto.int/market_information_service/>. Acesso em 15 jan. 2015.

JONES, P. D.; GRADO, S. C.; DEMARAIS, S. Financial analysis of intensive pine plantation establishment. *Journal of Forest Economics*, v. 16, n. 2, p. 101-112, 2010.

KLIMAS, C.; KAINER, K.; WADT, L. The economic value of sustainable seed and timber harvests of multi-use species: an example using *Carapa guianensis*. *Forest Ecology and Management*, v. 268, n. 1, p. 81-91, 2012.

LEAHY, J. Brazil raises taxes on fuel and loans to plug budget deficit. *Financial Times*, 19 jan. 2015. Disponível em: <<http://www.ft.com/cms/s/0/ff3c9d22-a032-11e4-aa89-00144feab7de.html#axzz3R85D9az8>> Acesso em: 05 fev. 2015.

LI, R. et al. Long-term effects of eliminating illegal logging on the world forest industries, trade, and inventory. *Forest Policy and Economics*, v. 10, n. 7, p. 480 – 490, 2008.

MACPHERSON, A. J. et al. The sustainability of timber production from Eastern Amazonian forests. *Land Use Policy*, v. 29, n. 2, p. 339 – 350, 2012.

MERRY, F. D.; SHEIKH, P. A.; MCGRATH, D. G. The role of informal contracts in the growth of small cattle herds on the floodplains of the Lower Amazon. *Agriculture Human Values*, v. 21, n. 4, p. 377–386, 2004.

NAUTIYAL, J. C.; PEARSE, P. H. Optimizing the conversion to sustained-yield – a programming solution. *Forest Science*, v. 13, n. 2, p. 131-139, 1967.

NEPSTAD, D. et al. The end of deforestation in the Brazilian Amazon. *Science*, v. 326, p. 1350–1356, 2009.

- NEPSTAD, D. et al. Slowing Amazon deforestation through public policy and interventions in beef and soy supply chains. *Science*, v. 344, p. 1118–1123, 2014.
- NEPSTAD, D. et al. Inhibition of Amazon deforestation and fire by parks and indigenous lands. *Conservation Biology*, v. 20, n. 1, p. 65–73, 2006.
- NEPSTAD, D. et al. Largescale impoverishment of Amazonian forest by logging and fire. *Nature*, v. 398, p. 484–500, 1999.
- PEREIRA, D. et al. *Fatos florestais da Amazônia 2010*. Belém: IMAZON, 2010.
- PHILIPPART, J. et al. Mathematical formulation and exact solution for landing location problem in tropical forest selective logging, a case study in Southeast Cameroon. *Journal of Forest Economics*, v. 18, n. 2, p. 113-122, 2012.
- REDD+ BRASIL. *Deforestation and emissions in Brazil*. 2014. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/redd/index.php/pt/politicas-ambientais-redd/manejo-sustent%C3%A1vel-de-florestas/item/107-presentation>>. Acesso em: 12 jan. 2015.
- RICE, R. E.; GULLISON, R. E.; REID, J. R. Can sustainable management save tropical forests? *Scientific American*, v. 297, p. 44–49, 1997.
- ROCHA, K. et al. The market value of forest concessions in the Brazilian Amazon: a real option approach. *Forest Policy and Economics*, v. 8, n. 2, p. 149–160, 2006.
- RODRIGUEZ, L. C. E.; MACHADO, G. C.; MOREIRA, J. M. M. A. P. A model to optimize the value of harvested species in a reduced impact logging concession system constrained by volume in the Brazilian Amazon. In: CONGRESO FORESTAL MUNDIAL, 13., 2009, Buenos Aires. *Anais...* Buenos Aires: FAO, 2009.
- RONDÔNIA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental - SEDAM. *Atlas geoambiental de Rondônia*. Porto Velho, 2002. p. 145.
- SALICK, J.; MEJIA, A.; ANDERSON, T. Non-timber forest products integrated with natural forest management, Rio San Juan, Nicaragua. *Ecological Applications*, v. 5, n. 5, p. 878–895, 1995.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO - SFB. *Distribuição de florestas públicas federais em identificação por destino*. Brasília, 2007. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=95&idConteudo=6098>>. Acesso em: 15 mar. 2014.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO - SFB. Plano anual de outorga florestal 2015. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/destaques/plano-anual-de-outorga-florestal-paof-2015>>. Acesso em: 23 jul. 2015.

SIZER, N.; RICE, R. *Backs to the wall in Suriname: forest policy in a country in crisis*. Washington: World Resources Institute, 1995. p. 258.

TONIOLO, A.; UHL, C. Economic and ecological perspectives on agriculture in the Eastern Amazon. *World Development*, v. 23, n. 6, p. 23, 959–973, 1995.

VERÍSSIMO, A. et al. Logging impacts and prospects for sustainable forest management in an old amazonian frontier: The case of Paragominas. *Forest Ecology and Management*, v. 55, n. 3, p. 169– 199, 1992.

VERÍSSIMO, A.; SOUZA JR., C.; AMARAL, P. H. *Identificação de áreas com potencial para a criação de Florestas Nacionais na Amazônia Legal*. Belém: Imazon: 2000. Disponível em: <<http://www.imazon.org.br/downloads>>. Acesso em: 12 mar. 2014.

WHITE, A.; MARTIN, A. *Who owns the world's forests? Forest tenure and public forests in transition*. Washington: Forest trends; Center for international Environment law, 2002. 84 p.

8. ANEXOS

Anexo 1. Lista de espécies comerciais.

Nº de Espécies	Nome Vulgar	Nome em Latin
1	Angelim	<i>Hymenolobium modestum</i> Ducke
2	Angelim- amargoso	<i>Vataireopsis speciosa</i> Ducke
3	Angelim- pedra	<i>Hymenolobium heterocarpum</i> Ducke
4	Angelim- rajado	<i>Vatairea guianensis</i> Aubl.
5	Arurá- vermelho	<i>Iryanthera paradoxa</i> (Schwacke) Warb.
6	Cambará- rosa	<i>Qualea paraensis</i> Ducke
7	Caroba	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D.Don
8	Cedrilho	<i>Erisma fuscum</i> Ducke
9	Cedromara	<i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke
10	Cedro-rosa	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.
11	Cinzeiro	<i>Erisma bicolor</i> Ducke
12	Cumarú	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.
13	Cumarurana	<i>Dipteryx alata</i> Vogel
14	Cupiúba	<i>Goupia glabra</i> Aubl.
15	Embireira	<i>Couratari stellata</i> A. C. Sm.
16	Faveira-ferro	<i>Dinizia excelsa</i> Ducke
17	Freijó	<i>Cordia goeldiana</i> Huber
18	Garapeira	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.
19	Garrote	<i>Bagassa guianensis</i> Aubl.
20	Guariúba	<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.
21	Ipê-amarelo	<i>Handroanthus incanus</i> (A.H. Gentry) S. O. Grose
22	Ipê-roxo	<i>Tabebuia impetiginosa</i> , (Mart.ex DC.) Standl
23	Jatobazinho	<i>Hymenaea intermedia</i> Ducke
24	Jequitibá	<i>Allantoma decandra</i> (Ducke)
25	Maçaranduba	<i>Manilkara huberi</i> (Ducke) A. Chev.
26	Muiracatiara	<i>Astronium lecointei</i> Ducke
27	Paricá	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake var. <i>amazonicum</i> (Huber ex Ducke) Barneby
28	Pequi	<i>Caryocar villosum</i> (Aubl.) Pers.
29	Pequiarana	<i>Caryocar glabrum</i> Pers.
30	Peroba-rosa	<i>Aspidosperma sandwithianum</i> Markgr.
31	Roxão	<i>Peltogyne venosa</i> spp. <i>Densiflora</i> Spruce ex. Benth.
32	Roxinho	<i>Peltogyne paniculata</i> Benth.
33	Sucupira- amarela	<i>Bowdichia nitida</i> Spruce ex Benth.
34	Sucupira- preta	<i>Diploptropis rodriguesii</i> H.C. Lima
35	Tamarindo	<i>Martiodendron elatum</i> (Ducke) Gleason
36	Tamboril	<i>Hymenolobium</i> cf. <i>modestum</i> Ducke
37	Tauari- vermelho	<i>Cariniana micrantha</i> Ducke

Anexo 2. Resumo do fluxo de caixa para o cenário base.

COLHEITA ANUAL (m ³)		32.260		ANO			
CUSTOS PRÉ OPERAÇÃO				0	1	...	25
Due Diligence	US\$		\$	28.421,00			
Inventário	US\$		\$	-			
SIG	US\$		\$	17.842,00			
Planejamento (POA)	US\$		\$	15.263,00			
Certificação	US\$		\$	75.174,00			
Diagnóstico Sócio-econômico	US\$		\$	29.628,00			
Licenciamento Ambiental (EIA/RIMA)	US\$		\$	-			
Taxa Anual de Concessão	US\$	\$	4,77	\$	-	\$	154.000,00
		\$	-			\$	154.000,00
		\$	-			\$	154.000,00
PLANEJAMENTO							
Censo	US\$/Ano	\$	5,61	\$	180.958,13	\$	180.958,13
SIG (APP/Estradas/Hidrografia)	US\$/Ano	\$	0,80	\$	25.689,13	\$	25.689,13
POA anual	US\$/Ano	\$	1,00	\$	32.324,33	\$	32.324,33
Auditorias	US\$/Ano	\$	2,01	\$	64.730,56	\$	64.730,56
		\$	-			\$	-
CUSTOS OPERACIONAIS							
Infraestrutura	US\$/m ³	\$	12,71	\$	-	\$	410.086,45
Colheita	US\$/m ³	\$	3,54	\$	-	\$	114.088,17
Traçamento	US\$/m ³	\$	3,54	\$	-	\$	114.088,17
Arraste	US\$/m ³	\$	11,67	\$	-	\$	376.474,20
Transporte Primário	US\$/m ³	\$	2,54	\$	-	\$	81.923,53
Transporte	US\$/m ³	\$	20,05	\$	-	\$	646.756,92
		\$	-			\$	-
ADMINISTRATIVO							
Funcionários	US\$/Ano	\$	25,08	\$	809.172,93	\$	809.172,93
		\$	-			\$	-
TAXA DE CONCESSÃO - COLHEITA							
Custo Ponderado = Espécies x Volume	US\$/m ³	\$	29,65	\$	-	\$	956.509,00
		\$	-			\$	-
		\$	-			\$	-
CUSTOS TOTAIS	US\$/m ³	\$	122,96	\$	1.279.203,08	\$	3.966.801,52
RECEITAS	US\$/m ³	\$	125,75	\$	-	\$	4.056.695,00