



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE  
MINAS GERAIS**

Curso de Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA SUBSTITUIÇÃO DO ÓLEO  
BPF E DO CAVACO PELO USO DA MADEIRA: ESTUDO DE CASO EM  
UM FRIGORÍFICO GRANDE PORTE**

MATEUS REIS OLIVEIRA

BELO HORIZONTE

Novembro/2018

# VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA SUBSTITUIÇÃO DO ÓLEO BPF E DO CAVACO PELO USO DA MADEIRA: ESTUDO DE CASO EM UM FRIGORÍFICO DE GRANDE PORTE

Trabalho de conclusão de curso preliminar apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Brianezi

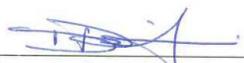
**MATEUS REIS OLIVEIRA**

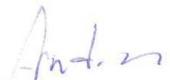
**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA SUBSTITUIÇÃO DO  
ÓLEO BPF E DO CAVACO DE TERCEIROS PELO USO DA MADEIRA EM  
FRIGORÍFICO DE GRANDE PORTE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Centro Federal de Educação Tecnológica de Mi-  
nas Gerais como requisito parcial para obtenção  
do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Data de aprovação: 05/12/2019

Banca examinadora:

  
\_\_\_\_\_  
Daniel Brianezi – Presidente da Banca Examinadora  
Prof. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – Orientador(a)

  
\_\_\_\_\_  
André Luiz Marques Rocha  
Prof. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

  
\_\_\_\_\_  
José Borges de Carvalho  
Gerente de Meio Ambiente e Sustentabilidade - PIF PAF Alimentos

## Resumo

A questão ambiental vem ganhando cada vez mais importância no cenário econômico mundial e o tema. Isso se dá devido à perspectiva de sustentabilidade estar diretamente ligada com as atividades empresariais. O presente trabalho teve por objetivo avaliar a viabilidade técnica e econômica da substituição do óleo BPF e do cavaco de madeira comprado de terceiros pelo uso do cavaco de madeira plantado por um frigorífico com unidades fabris no estado de Minas Gerais e Goiás. Para isso, levou-se em consideração dados da empresa e informações obtidas em estudos técnicos e científicos e pesquisa de mercado que foram avaliados com base em métodos da matemática financeira, utilizando Microsoft Excel® 2016. Além disso, estimou-se os principais benefícios ambientais gerados pela implantação e uso de florestas energéticas. A substituição do óleo BPF (óleo residual do refino de petróleo) e do cavaco pela madeira não se mostrou viável economicamente para todas as unidades, mesmo com possíveis economias entre 25 e 51 milhões de reais (corrigido para 2018) ao final de 15 anos do projeto no cenário mais conservador. Contudo 3 das unidades apresentaram ganhos econômicos, principalmente a unidade 4 em seu cenário de 100% de suprimento energético. A unidade 1 mesmo apresentando saldo positivo, não apresentou resultados muito otimistas e com ganhos elevados. Por outro lado, com a abertura do capital da empresa no mercado de ações, esse projeto pode trazer uma valorização considerável da mesma, uma vez que mostrará para os *stakeholders* como o uso de biomassa florestal gera benefícios ambientais, além de perfilar com os novos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável proposto pela agenda 2030 e estratégias de benchmarking.

Palavras Chave: Sustentabilidade, Substituição, Benefícios Ambientais

## **Abstract**

The environmental issue is gaining more and more importance without the vision. This is due to a sustainability perspective in its business activities. The present work had the objective of evaluating the technical and economic viability of the substitution of BPF oil and wood chips for the use of wood by an industry with manufacturing units in the state of Minas Gerais and Goiás. To do that, information obtained in technical and scientific studies and market research were evaluated based on financial mathematics methods using Microsoft Excel® 2016. In addition, it was estimated the main environmental benefits generated by the deployment and use of energy forests. The replacement of BPF oil by wood chip was not economically viable for all units, even with possible savings between 25 and 51 million reais (corrected for 2018) at the end of 15 years of the project in the most conservative scenario. However, 3 of the units showed economic gains, mainly unit 4, specially on its 100% scenario. Unit 1, even presenting a positive balance, did not present very optimistic results and with high gains. On the other hand, with the opening of the company's capital in the stock market, this project can bring a considerable appreciation of it, since it will show to the stakeholders how the use of forest biomass generates environmental benefits, in addition to outlining the new Objectives of Sustainable Development proposed by the 2030 agenda and benchmarking strategies.

Key Words: Sustainability, Replacement, Environmental Benefits

## **Lista de figuras**

Figura 1: Cavaco de eucalipto seco.....	21
Figura 2: Lenha de Eucalipto.....	23
Figura 3: Plantio florestal no Brasil .....	24
Figura 4: Processo da fotossíntese .....	25
Figura 5: Captura e Liberação de Carbono pela Biomassa florestal.....	26
Figura 6: Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.....	35
Figura 7: Classificação Koppen da Região Sudeste.....	38
Figura 8: Classificação Koppen de Goiás.....	39
Figura 9: Esquema de rotação das áreas de plantio de eucalipto .....	52

## Lista de tabelas

Tabela 1: Classificação do óleo BPF quanto à viscosidade e teor de enxofre .....	20
Tabela 2: Demanda de Combustível por Unidade Fabril .....	36
Tabela 3: Poder Calorífico dos Combustíveis.....	40
Tabela 4: Premissas para o Cálculo de Demanda Energética .....	42
Tabela 5: Custos para plantio de eucalipto para fins energéticos .....	45
Tabela 6: Previsão de gastos para compra de combustíveis .....	47
Tabela 7: Quantidade de energia demandada por unidade da empresa, em Mcal/mês..	48
Tabela 8: Demanda mensal por lenha para abastecimento energético das unidades da empresa, em toneladas .....	49
Tabela 9: Demanda mensal por lenha para abastecimento energético das unidades da empresa, em m <sup>3</sup> .....	49
Tabela 10: Demanda mensal por cavaco para abastecimento energético das unidades da empresa, em m <sup>3</sup> .....	50
Tabela 11: Área requerida para abastecimento de lenha, em ha .....	51
Tabela 12: Área requerida para abastecimento de cavaco, em ha .....	51
Tabela 13: Custo Inicial de implantação para suprir a demanda energética com cavaco	53
Tabela 14: Custos de implantação de plantios de eucalipto para produção de cavacos, em reais.....	53
Tabela 15: Custo da Operação em 15 anos da não aplicação do projeto .....	54
Tabela 16: Fluxo de caixa de operação com 100% de suprimento de cavaco para as 5 unidades, corrigido a 6,5% a.a. ....	55
Tabela 17: Fluxo de caixa de operação com 80% de suprimento de cavaco para as 5 unidades, corrigido a 6,5% a.a. ....	56
Tabela 18: Fluxo de caixa de operação com 50% de suprimento de cavaco para as 5 unidades, corrigido a 6,5% a.a. ....	57
Tabela 19: Análise de Índices Econômicos .....	58
Tabela 20: Comparativos de rendimento e custo de oportunidade .....	58
Tabela 21: Gasto da Operação X Economia equivalente à 2018 do Projeto .....	60
Tabela 22: Explicação de dados da Unidade 1 com correção de 10% .....	62
Tabela 23: Dados da Unidade 4 no Cenário de 100% sem correção .....	63

Tabela 24: Dados da Unidade 4 no Cenário de 80% sem correção .....	63
Tabela 25: Dados da Unidade 4 no Cenário de 50% sem correção .....	64
Tabela 26: Dados da unidade 4 no cenário de 100% com 6,5% de correção .....	65
Tabela 27: Dados da unidade 4 no cenário de 80% com 6,5% de correção .....	65
Tabela 28: Dados da unidade 4 no cenário de 50% com 6,5% de correção .....	66
Tabela 29: Dados da unidade 4 no cenário de 100% com 10% a.a. ....	66
Tabela 30: Dados da unidade 4 no cenário de 80% com correção de 10% a.a. ....	67
Tabela 31: Dados da Unidade 4 no Cenário de 50% com correção de 10% a.a. ....	67
Tabela 32: Dados da Unidade 5 no Cenário de 100% com 6,5% de correção .....	68
Tabela 33: Dados da Unidade 5 no Cenário de 80% com 6,5% de correção .....	68
Tabela 34: Dados da Unidade 5 no Cenário de 50% com 6,5% de correção .....	69
Tabela 35: Dados da Unidade 5 no cenário de 100% com 10% de correção.....	70
Tabela 36: Dados da Unidade 5 no cenário de 80% com 10% de correção.....	70
Tabela 37: Dados da Unidade 5 no cenário de 50% com 10% de correção.....	71
Tabela 38: Quantidade em Kg de GEE emitidos pelas unidades que utilizam óleo BPF	72
Tabela 39: Quantidade em Kg de GEE emitidos em caso da substituição do óleo BPF por cavaco .....	72
Tabela 40: Quantidade em Kg de GEE emitidos em caso da substituição do óleo BPF por cavaco – Sem CO <sub>2</sub> .....	73

## **Lista de equações**

Equação 1: Fórmula para o Cálculo Indireto de Biomassa Simplificado.....	26
Equação 2: Modelo de cálculo Indireto de Carbono para Eucalyptusgrandis.....	27
Equação 3: Fórmula VPL.....	31
Equação 4: Fórmula para Cálculo do ROI.....	32
Equação 5: Fórmula do Payback Descontado.....	33
Equação 6: Cálculo do valor futuro.....	40
Equação 7: Fórmula para o Cálculo da Área de Plantio.....	41
Equação 8: Cálculo da emissão de GEE de óleo BPF.....	42
Equação 9: Cálculo da emissão de GEE da Biomassa (madeira) .....	42

## Lista de Siglas

ABIA - Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação

APP - Área de Preservação Permanente

BCB - Banco Central do Brasil

CAP - Circunferência à Altura do Peito

CO - Monóxido de Carbono

CO2 - Dióxido de Carbono

DAP - Diâmetro à Altura do Peito

FC - Fluxo de Caixa

GCA - Guia de Controle Ambiental

GCC - Guia de Controle e Consumo

GEE - Gases do Efeito Estufa

IBA - Indústria Brasileira da Árvore

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IEF - Instituto Estadual da Floresta

IPCA - Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo

MMA - Ministério do Meio Ambiente

ODS - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

ONU - Organização das Nações Unidas

PIB - Produto Interno Bruto

ROI - Retorno sobre Investimento

SAA - Selo Ambiental Autorizado

SELIC - Sistema Especial de Liquidação e Custódia

TIR - Taxa Interna de Retorno

TMA - Taxa Mínima de Atratividade

UFV - Universidade Federal de Viçosa

UNEMAT - Universidade do Estado do Mato

Grosso

VF - Valor Futuro

VPL - Valor Presente Líquido

## Sumário

1- INTRODUÇÃO .....	15
2- OBJETIVOS .....	17
2.1- OBJETIVO GERAL .....	17
2.2- OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3-REVISÃO DE LITERATURA .....	18
3.1 Indústria da Carne.....	18
3.3 Combustíveis para Caldeiras Industriais .....	19
3.3.1 Óleo BPF .....	19
3.3.2 Biomassa - Cavaco de Madeira.....	20
3.3.3 Biomassa - Lenha.....	22
3.4 Florestas Energéticas .....	23
3.5 Captura de carbono pelas plantas .....	25
3.6 Métodos para estimativa do estoque de carbono florestal .....	26
3.7 Aspectos Legais.....	28
3.8 Índices e Indicadores Econômicos Relevantes .....	29
3.8.1 IPCA .....	29
3.8.2 Taxa Selic.....	30
3.8.3 VPL.....	30
3.8.4 TIR.....	31
3.8.5 ROI .....	32
3.8.6 Payback.....	32
3.9Agenda 2030 .....	33
4- METODOLOGIA.....	36
4.1 Empresa de Estudo.....	36
4.2 Consumo interno para abastecimento das caldeiras .....	36
4.3 Definição da área de estudo .....	37
4.4 Coleta de Dados .....	40
4.3 Análise de Viabilidade Econômica .....	41
4.4 Análise da Viabilidade Técnica .....	43
5- RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
6-CONCLUSÕES .....	74
8-BIBLIOGRAFIA.....	76

## **Agradecimentos**

Primeiramente agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Daniel Brianezi por toda paciência, não somente nesse ano, mas em todos que convivemos juntos, e por sua dedicação em exercer a profissão com extrema honestidade e interesse que poucos demonstram.

Em especial a meus pais Leo e Elaine por me fornecerem todas as ferramentas para que este momento fosse possível. À Tia Cema, Paty e Vó Lourdes que sempre davam um jeito de facilitar minha caminhada até aqui. Ao Vô Miro que sempre tinha tempo para as aulas particulares de hidráulica e a todos meus familiares que de certa forma me ajudaram a chegar até aqui.

À Lu, Thomassom, João Pedro e suas respectivas famílias que sempre estiveram do meu lado e me fazem sentir parte delas. Ao grupeny por me mostrar que os momentos mais conturbados são aqueles que descobrimos quem realmente está do nosso lado. Ao maluco do Elizeu, por me mostrar que a inconstância pode ser uma alternativa melhor do que o medo. Aos meus colegas de trabalho, em especial Pedrão e Thais da CEMIG e Breno e José da Pif Paf, que sempre me auxiliaram e tutelaram quando possível e à Haiany por me instigar a ser um estagiário melhor do que ela.

Por fim agradeço a mim mesmo e meu GRANDE amigo Venvancinho, duas potências magnânimas, pois sem elas, nada disso seria possível.

Oliveira, Mateus Reis

S---

Viabilidade Técnica e Econômica Da Substituição Do Óleo Bpf e Do Cavaco Pelo Uso Da Madeira: Estudo De Caso Em Um Frigorífico De Grande Porte / Mateus Reis Oliveira – 2018.

81 f.; il;

Orientador: Prof. Dr. Daniel Brianezi

Trabalho de Conclusão de Curso, graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária – Centro Federal de Educação Tecnológica, Departamento de Ciência e tecnologia Ambiental, 2018.

1.Viabilidade Econômica. 2. Óleo BPF. 3. Biomassa. I. Oliveira, Mateus Reis. II. Centro federal de Educação tecnológica de Minas Gerais. III. Viabilidade Técnica e Econômica Da Substituição Do Óleo Bpf e Do Cavaco Pelo Uso Da Madeira: Estudo De Caso Em Um Frigorífico De Grande Porte

CDD---

## 1- INTRODUÇÃO

A preocupação com o meio ambiente tem sido uma questão pertinente nas discussões empresariais nos últimos anos. Esse fato ocorre graças às exigências legais, pressão de governos, sociedade, instituições financeiras e até mesmo do próprio mercado, uma vez que a sustentabilidade se tornou um fator intrínseco ao assunto competitividade empresarial.

A indústria de alimentos no Brasil desempenha um papel fundamental na economia nacional, representando cerca de 10% do Produto Interno Bruto (PIB) do país (EMBRAPA, 2010). Segundo a Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação (ABIA) (2017), no ano de 2017, a indústria frigorífica brasileira foi responsável pela geração de mais de R\$137,6 bilhões líquidos. Nesse contexto, o abate e processamento de animais podem gerar impactos significativos; um aspecto ambiental muito presente nessa indústria é o alto consumo de combustíveis para produção de energia térmica (vapor) e suas consequentes emissões atmosféricas e de gases de efeito estufa. Esses aspectos dão-se principalmente nas caldeiras e digestores do processo fabril.

Uma caldeira pode ser definida como um recipiente fechado no qual a água ou outro fluido é aquecido sob pressão (MECÂNICA INDUSTRIAL, 2018). Na indústria, esse tipo de caldeira pode ser utilizado de diversas formas, a exemplo da indústria alimentícia, a mesma é usada para gerar vapor a temperaturas bem acima da de ebulição da água, que será utilizado em diversas partes do abate e processamento de carnes, como cozimento, escaldagem e limpeza das mesmas. Da mesma forma, as caldeiras podem ser projetadas para funcionar com diversos combustíveis, sejam óleo combustível pesado (BPF), biomassa, gás natural etc.

A madeira (lenha e seus derivados) é a fonte mais antiga de combustível utilizado para produzir energia (NASCIMENTO; BIAGGIONI, 2010). Além disso, a mesma emite menos gases poluidores quando comparada com os combustíveis derivados do petróleo e parte de seu resíduo (cinzas) pode ser usado como adubo posteriormente, sendo então uma forma de combustível alternativa aos famigerados combustíveis fósseis, que emitem poluentes atmosféricos como óxidos de nitrogênio e enxofre ( $\text{NO}_x$  e  $\text{SO}_x$ ), o que impacta a qualidade do ar. Portanto, pensando em um contexto onde o desenvolvimento

sustentável é essencial para manter a competitividade da empresa e, conseqüentemente, sua sobrevivência, é de suma importância o estudo da otimização do uso, gastos e minimização de impactos negativos do uso desses combustíveis.

Sob esse ponto de vista, pode-se até mesmo considerar uma entrada na questão de estoque de carbono da área a ser plantada, uma vez que o estrato arbóreo tem importante função na transformação de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) em oxigênio ( $\text{O}_2$ ) através da fotossíntese. Desprezando as emissões naturais de  $\text{CO}_2$ , essa captura ajuda na taxa de ciclagem de carbono emitida pela indústria, ciclagem essa que depende da atividade fotossintética das plantas e algas (ODUN; BARRETT, 2007).

Assim, este estudo busca analisar a viabilidade técnica e econômica da adoção da biomassa de árvores plantadas por um frigorífico de grande porte para a fomentação de suas caldeiras a vapor, em substituição ao cavaco e óleo BPF comprado de terceiros.

## 2- OBJETIVOS

### 2.1- OBJETIVO GERAL

Objetiva-se com o presente estudo analisar a viabilidade técnica e econômica de um projeto de auto fornecimento de combustíveis para as caldeiras utilizando lenha em diferentes unidades fabris de uma empresa frigorífica de grande porte

### 2.2- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levantar e avaliar potenciais áreas para plantio de eucalipto para fins energéticos;
- Estimar a quantidade de biomassa e carbono potencial dos plantios florestais;
- Comparar a geração energética pela biomassa florestal em relação a outras fontes de combustíveis alternativas para a empresa;
- Explicitar benefícios ambientais decorrentes do uso da matriz energética escolhida.

## 3–REVISÃO DE LITERATURA

### 3.1 Indústria da Carne

Os processos da indústria da carne se dividem em basicamente três partes: o abate, a industrialização da carne (frigorífico) e o processamento dos subprodutos gerados nos processos anteriores (graxaria). O abate de animais, no geral, é realizado para a obtenção de carne e seus derivados, normalmente para o consumo humano. Essa atividade assim como as demais, é regulamentada por rigorosas diretrizes sanitárias a fim de garantir a integridade e segurança do produto e, conseqüentemente, do seu consumidor (CETESB, 2010, p. 27). Assim dizendo, independente do âmbito em que a empresa se encontra (municipal, estadual ou federal), a mesma é inspecionada regularmente pelos órgãos responsáveis.

O abate, como quase qualquer atividade produtiva, gera alguns subprodutos e resíduos que devem ser devidamente destinados, contudo alguns devem passar por processos específicos de processamento como o couro, sangue, ossos, gorduras, tripas animais, partes condenadas pela inspeção sanitária, etc (CETESB, 2010, p. 27).

Ainda segundo a CETESB (2010, p.27):

“A finalidade do processamento e/ou da destinação dos resíduos ou dos subprodutos do abate é função de características locais ou regionais, como a existência ou a situação de mercado para os vários produtos resultantes e de logística adequada entre as operações. Por exemplo, o sangue pode ser vendido para processamento, visando a separação e uso ou comercialização de seus componentes (plasma, albumina, fibrina, etc.), mas também pode ser enviado para graxarias, para produção de farinha de sangue, usada normalmente na preparação de rações animais”.

De toda maneira, independente da destinação, todo subproduto deve ser disposto de forma adequada, seguindo a legislação vigente, seja com normas sanitárias ou ambientais.

### 3.3 Combustíveis para Caldeiras Industriais

As caldeiras a vapor são recipientes fechados em que se aquecem fluidos em altas pressões, para então ser enviado para fora da caldeira e ser utilizado em diversos processos. As mesmas podem ser classificadas de acordo com diversos fatores, como o uso, tipo de combustível, etc. Dentre diversos combustíveis, os presentes nesse estudo são o óleo BPF e biomassa como cavaco e lenha.

O uso da biomassa se comparado com os combustíveis fósseis, possui diversos pontos positivos, tais como a menor emissão de poluentes atmosféricos, possibilidade de reaproveitamento de seu resíduo como adubo, ser uma fonte renovável de energia no curto prazo, dentre outros aspectos. Contudo possui algumas desvantagens como menor poder calorífico gerado, da ordem de 3 a 4 vezes menor (FOELKEL, 2016), menor facilidade de ignição além de necessitar de grandes áreas de armazenagem.

Como a geração do vapor na indústria é primordialmente gerado pela combustão de combustíveis (reação essa que consiste na liberação de energia após o contato e ignição de oxigênio ( $O_2$ ) com algum combustível, gerando primordialmente água ( $H_2O$ ) e dióxido de carbono ( $CO_2$ )), sabe-se da grande geração de gases como o ( $CO_2$ ). Contudo a quantidade emitida desses gases varia para cada fonte de geração de energia sendo, portanto, uma escolha crucial no processo de otimização da sustentabilidade empresarial, ou seja, uma forma de unir tanto o fator econômico com o ambientalmente correto.

#### 3.3.1 Óleo BPF

Segundo a Petrobrás (2014), o óleo BPF, é um combustível que origina do petróleo, também denominado de óleo combustível pesado ou residual, por se tratar de uma das partes que sobra do refino do petróleo durante o processo de destilação. O mesmo pode ser dividido em até 18 classes, divididas em 2 grupos, “A” para teores de enxofre entre 1% e 2,5% e “B” para teores de enxofre até no máximo 1%. Outro fator que determina a classe é a viscosidade, que varia muito dependendo do petróleo que o originou e também das misturas sofridas nas refinarias (Tabela 1).

**Tabela 1: Classificação do óleo BPF quanto à viscosidade e teor de enxofre**

<b>Viscosidade SSF a 50° C</b>	<b>Tipo A – Alto Teor de Enxofre</b>	<b>Tipo B – Baixo Teor de Enxofre</b>
600	1A	1B
900	2A	2B
2.400	3A	3B
10.000	4A	4B
30.000	5A	5B
80.000	6A	5B
300.000	7A	7B
1.000.000	8A	8B
Acima de 1.000.000	9A	9B

*Fonte: Petrobrás, 2014 Adaptada*

Atualmente, esse combustível é utilizado em larga escala no setor industrial para o aquecimento de fornos, caldeiras e até alguns tipos de motores. Isso ocasiona uma grande emissão de poluentes atmosféricos como SOx e NOx, que degradam consideravelmente a qualidade do ar, além de Gases de Efeito Estufa (GEE's) como CO<sub>2</sub>. Contudo, é um material com alto poder calorífico, gerando em média 9.600 kcal/kg segundo Adetec Caldeiras e Aquecedores (2018).

### **3.3.2 Biomassa - Cavaco de Madeira**

O cavaco é uma forma de biomassa florestal e nada mais é do que pequenos pedaços de madeira triturada cuja qualidade depende principalmente da matéria prima utilizada e eficiência do processo de secagem (Figura 1).

**Figura 1: Cavaco de eucalipto seco**



*Fonte: Empresa Incobio*

O cavaco pode ser ter origem de resíduos florestais (galhos, folhas, cascas de árvores, etc.), de serrarias e proveniente do corte de árvores. No geral, todos os tipos de cavaco precisam passar por um processo de secagem para otimizar o poder calorífico do material reduzindo sua umidade.

É uma fonte de madeira mais barata do que *pallets* que segundo Costa (2002, p. 81):

“É um estrado de madeira, com uma ou duas faces, duas ou quatro entradas. Possibilita o uso de empilhadeiras ou paleteiras de garfo, facilitando o descarregamento, a movimentação e o armazenamento dos materiais durante sua estocagem.”

Também mais barato que briquetes (blocos de madeira residuária compactados) o cavaco também incentiva o reaproveitamento de madeira. Por outro lado, demanda grandes espaços de armazenamento e possui um custo operacional maior do que o simples uso de madeira (lenha) como fonte de energia, pelo simples fato de ocorrer a trituração da mesma. Se bem armazenado e passado pelo processo de secagem, possui um poder calorífico de 4.100 kcal/kg segundo a empresa Adetec Caldeiras e Aquecedores (2018).

### 3.3.3 Biomassa - Lenha

A lenha também é uma forma de biomassa florestal e a forma de geração de calor mais antiga a ser utilizada pelo homem. Assim como o cavaco, essa nunca sofreu nenhuma transformação termoquímica, sendo dessa forma denominada de “Energia Primária de Biomassa” (FOELKEL, 2016, c. 43, p.24) e também precisa passar por um processo de secagem prévia à queima, a fim de melhorar o processo combustivo, reduzindo ao máximo as partículas de água entre suas moléculas.

Um dos tipos mais comuns de árvores plantadas para o uso da sua lenha como fonte de energia é o eucalipto. O fato de possuir rápida taxa de crescimento e uma consistente densidade da madeira (que implica em menor umidade) torna essa espécie uma forte candidata para o plantio com a finalidade da geração de energia. Segundo a Adetec Caldeiras e Aquecedores (2018), a lenha do eucalipto úmida gera algo entre 1.400 e 3,380 kcal/kg, isso porque não se deve utilizar madeira completamente secas. Foelker (2016, c.43, p.69) explica que é necessário um teor mínimo de umidade para evitar riscos de explosões e garantir maior sustentação nas operações e desempenho. Cita também valores ideais entre 20 e 30% de umidade e sempre menores do que 35%. Já Orellana (2015) cita Farinhaque (1981) destaca que valores menores que 25% de umidade são indispensáveis para garantir a eficiência energética da queima de biomassa.

Pelo fato dos toretes de lenha possuírem uma área superficial menor que a do cavaco, opta-se pela utilização do mesmo, pois essa diferença da área aumenta consideravelmente a velocidade de queima do material (Figura 2).

**Figura 2: Lenha de Eucalipto**



*Fonte: Agrícola Irmãos Chiapinotto*

### **3.4 Florestas Energéticas**

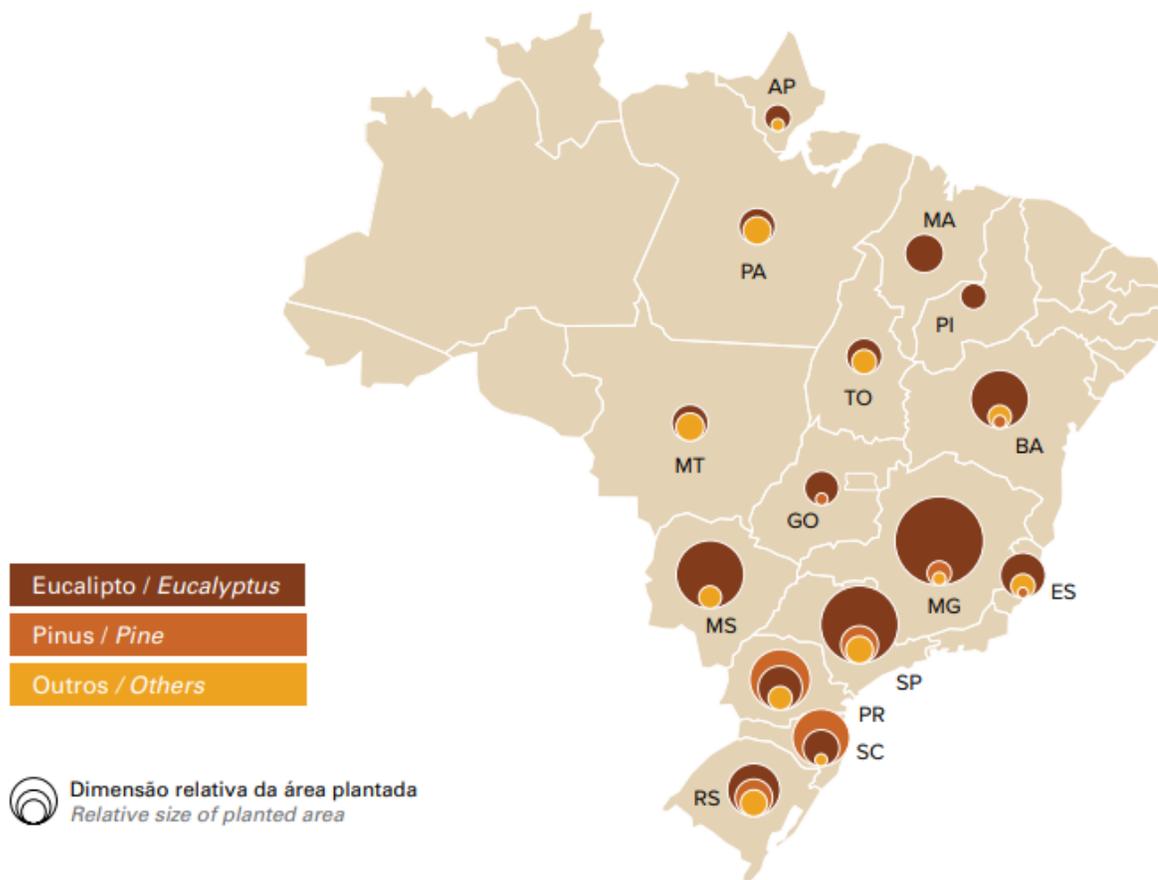
Florestas energéticas são florestas plantadas com o intuito exclusivo do uso de sua biomassa como fonte de energia. O principal objetivo dessas é evitar a pressão do desmatamento sobre florestas naturais (SEBRAE, 2014).

Há bastante tempo vem-se discutindo sobre a matriz energética no Brasil, e em formas renováveis de energia que possam reduzir significativamente o uso de combustíveis fósseis. Nesse sentido, o uso de biomassa florestal ganha uma perspectiva animadora do ponto de vista ambiental, uma vez que a queima dessa biomassa não emitirá diversos poluentes que se encontram presentes nos derivados do petróleo, como os óxidos de enxofre e de nitrogênio. Outro fator vantajoso dessas florestas é o balanço praticamente nulo de dióxido de carbono, ou seja, todo o carbono emitido durante a combustão da biomassa foi previamente capturado para o crescimento dos estratos arbóreos.

A indústria brasileira de árvores plantadas é uma referência mundial por sua inovação e diversificação no uso dessa madeira como na indústria de celulose, papel, painéis de madeira, pisos laminados, carvão vegetal e biomassa (IBA, 2017, p.16). Ainda segundo IBA (2017), o Brasil possui 7,84 milhões de hectares de reflorestamento e, esse

número é responsável por 91% de toda a madeira produzida para fins industriais e corresponde a 6,2% do PIB do país (Figura 3).

**Figura 3: Plantio florestal no Brasil**



Fonte: IBA, 2017 adaptado

Em Minas Gerais existe em torno de 1,5 milhões de hectares de florestas plantadas, das quais 1,49 milhões são correspondentes a espécies de eucalipto para atender a demanda de carvão vegetal, celulose, lenha e móveis e, essa atividade, representa 2,62% do PIB estadual (FAEMG, 2017).

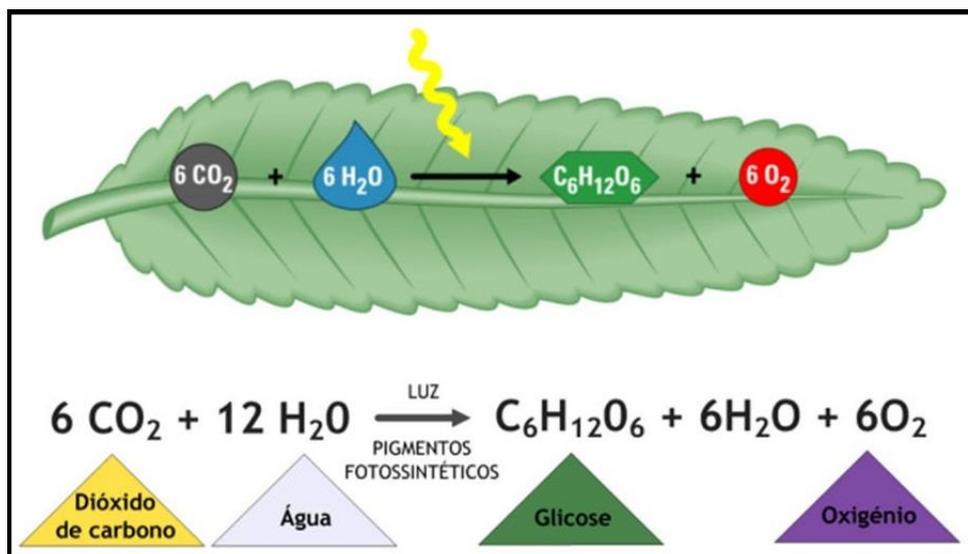
O rendimento energético da queima da madeira é um processo simples, que depende crucialmente da composição química da mesma em questão. Portanto, a escolha da espécie é um ponto chave no processo de otimização do uso e aproveitamento energético da região. O fator das espécies de eucalipto possuírem uma boa composição e apresentarem uma boa taxa de crescimento faz com que esses sejam muito utilizados

em florestas energéticas, tanto que aproximadamente 15,2% das espécies de eucalipto plantadas no Brasil são utilizados para a produção de carvão vegetal (IBÁ, 2015).

### 3.5 Captura de carbono pelas plantas

A captura de carbono ou sequestro de carbono diz respeito à absorção de  $\text{CO}_2$  e seu armazenamento acima (parte aérea da planta) ou abaixo do solo. Uma dessas formas de captura e armazenamento é através do crescimento de biomassa que, por meio da fotossíntese, “sequestra” o  $\text{CO}_2$  e o transforma em  $\text{O}_2$  e glicose que, por sua vez, fornece energia para o crescimento do estrato e em conjunto com outros nutrientes e sais, forma a base estrutural da planta (Figura 4).

**Figura 4: Processo da fotossíntese**



Fonte: Dicionário Saúde

Existe uma sigla do inglês, Bio-CCS (*Bioenergy with carbono dioxide capture and storage*), que significa bioenergia proveniente da captura e estoque de dióxido de carbono. Essa se refere ao uso da biomassa como forma de energia, e como dito previamente, resultará em um balanço nulo de emissão, uma vez que o carbono liberado na geração de energia foi previamente absorvido da atmosfera (Figura 5).

**Figura 5: Captura e Liberação de Carbono pela Biomassa florestal**



Fonte: MTI Tecnologia

### 3.6 Métodos para estimativa do estoque de carbono florestal

Segundo SILVA (2018), a estimativa de captura de carbono em plantios de eucalipto passa necessariamente pela quantificação da biomassa florestal. Existem dois métodos utilizados para a quantificação dessa biomassa, o método direto e o indireto.

Ainda conforme SILVA (2018), o método direto ou determinação de biomassa corresponde a uma medição real da quantidade de biomassa presente no estrato arbóreo como, por exemplo, a pesagem de um fuste inteiro por meio de um dinamômetro ou uma balança. Nesse caso, as árvores de uma área amostral são derrubadas e pesadas, sendo feita em seguida a extrapolação da avaliação da avaliação amostrada para a área total de interesse

Já o Método Indireto ou Estimativa de Biomassa é utilizado para facilitar o trabalho de campo e diminuir o custo de coleta de dados. Esse consiste em correlacionar a biomassa com alguma variável de fácil obtenção e que, principalmente, não requeira destruição do material vegetal, utilizando modelos de regressão linear e não-linear cujas variáveis podem ser medidas diretamente nas árvores do espaço amostral. Mais

comumente, as estimativas podem ser feitas por meio da relação do Diâmetro à Altura do Peito (DAP) – aproximadamente 1,30m -, altura e fator de forma (indica o quanto o diâmetro diminui à medida que aumenta a altura do tronco). Ainda segundo Silva (2018) essa relação pode ser dada de forma simplificada da seguinte da seguinte maneira, o DAP é calculado através da medição da Circunferência à Altura do Peito (CAP) seguindo pela divisão pelo número  $\pi$  (3,1416...), encontrado esse valor parte-se para o cálculo do volume do cilindro. Por fim, o valor encontrado é multiplicado pelo Fator de Forma considerado (Equação 1).

Segundo Finke Herrera (1989) o cálculo de carbono do fuste (com casca) do eucalipto é dado pela relação do logaritmo neperiano do volume, com o DAP em centímetros e a altura total em metros, já contabilizando variáveis como fator de forma (Equação 2) e, segundo Soares (1995) e Soares e Oliveira (2002) temos a equação 2.

$$V = [\pi \times (DAP)^2 \div 4] \times Ht \times F \quad (1)$$

*Fonte: Autoria Própria*

Em que:

$\pi=3,1416$

DAP = Diâmetro com casca medido à altura do peito (1,30m do solo), em cm

Ht = Altura total, em m

F = Fator de Forma da árvore

$$\ln Y = \beta^{\circ} + \beta_1 \times \ln(DAP) + \beta_2 \times \ln(Ht) + \varepsilon \quad (2)$$

*Fonte: Finke Herrera (1989), Soares(1995) e Soares e Oliveira (2002) adaptado*

Em que:

$\beta^{\circ} = -6,609865$

$\beta_1 = 1,661056$

$\beta_2 = 1,851121$

Y = Carbono em kg

DAP = Diâmetro com casca medido à altura do peito (1,30m), em cm

Ht = Altura total, em m

$\varepsilon$  =Margem de erro considerada

Os valores para o cálculo de da equação de Finke Herrera citados são referentes a estudos feitos na região de Viçosa, Minas Gerais.

### 3.7 Aspectos Legais

O Código Florestal Brasileiro, lei nº 12.651/2012, estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, Áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal; a exploração florestal, o suprimento de matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais e o controle e prevenção dos incêndios florestais, e prevê instrumentos econômicos e financeiros para o alcance de seus objetivos (BRASIL, 2012). O mesmo também cita que o corte ou a exploração de espécies nativas plantadas serão permitidos independentemente de autorização prévia, devendo o plantio ou reflorestamento estar previamente cadastrado no órgão ambiental competente e a exploração ser previamente declarada nele para fins de controle de origem.

No estado de Minas Gerais existe a Resolução conjunta SEMAD/IEF nº 1905, de 12 de agosto de 2013, que trata de intervenções ambientais no estado. A mesma cita diversas providências para manejo e intervenções em floresta nativa, porém como o plantio de eucalipto não é uma vegetação nativa propriamente dita, fica isenta da necessidade de regularização ambiental para o seu plantio (IEF, 2013), a não ser que sejam realizadas em Áreas de Preservação Permanente (APP), Reservas Legais, ou qualquer outra área protegida por lei. O corte e exploração, desde que não esteja em áreas protegidas por lei, não dependem de autorização prévia, contudo devem seguir as seguintes exigências:

- O plantio ou o reflorestamento precisam estar cadastrados no órgão ambiental;
- O corte ou a exploração devem ser declarados com antecedência ao órgão ambiental;
- O recolhimento da taxa florestal deve ser feito e o comprovante de pagamento deverá acompanhar o documento de controle para transporte.

O transporte da madeira de eucalipto, pela Portaria IEF nº 174, de 1º de outubro de 2008, fica isento da necessidade de Guia de Controle Ambiental (GCA), Selo Ambiental Autorizado (SAA) e a Guia de Controle de Consumo (GCC) (IEF, 2008).

### **3.8 Índices e Indicadores Econômicos Relevantes**

Para se realizar um estudo de viabilidade econômica, é preciso ter alguns parâmetros para analisar o balanço entre gastos e receitas, sem deixar de considerar o desconto no tempo, ou seja, uma quantidade suficiente para comprar uma mercadoria hoje, pode não ser suficiente para comprar a mesma mercadoria após alguns anos. Esse índice, também chamado de inflação é divulgado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) anualmente. Contudo, não existem apenas os índices fixados por instituições governamentais, no caso, existem as taxas fixadas por instituições financeiras também.

Para um estudo mais preciso, é importante considerar mais de uma taxa no momento de fazer as previsões, uma vez que não é possível saber ao certo qual será a variação dessas taxas para os próximos anos. Também é importante calcular indicadores a fim de trazer mais segurança para o estudo e definir a Taxa Mínima de Atratividade (TMA). Para isso, deve-se levar em consideração o custo de oportunidade (Correia et al. (2013) citam Casarotto Filho e Kopittke (2008). A nova proposta para ser atrativa deve render, no mínimo, a taxa de juros equivalente à rentabilidade das aplicações correntes e de pouco risco, sendo essa, portanto, a TMA.

#### **3.8.1 IPCA**

O Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) pode ser resumido como a inflação acumulada total, ou seja, representa o quanto o poder de compra do consumidor é alterado com o passar do tempo. Segundo a ToroRadar (2018):

“O IPCA é um índice criado para medir a variação dos preços do mercado para o consumidor final e representa o

índice oficial da inflação no Brasil. IPCA significa “Índice de Preços ao consumidor e é medido mês a mês pelo IBGE”

De acordo com o IBGE, esse índice é medido mensalmente com base no custo de vida de famílias com salários entre 1 e 40 salários mínimos de 9 regiões metropolitanas nacionais, qualquer que seja a fonte de rendimentos, e residentes nas áreas urbanas das regiões.

### **3.8.2 Taxa Selic**

A sigla Selic é a abreviação de Sistema Especial de Liquidação e Custódia e é definida pelo Banco Central do Brasil como a taxa básica de juros da economia no Brasil, utilizada no mercado interbancário para financiamento de operações com duração diária, lastreadas em títulos públicos federais. A mesma representa uma média das taxas de juros praticados pelas instituições financeiras.

A variação da Taxa Selic, é uma medida de controle da inflação que o governo utiliza no curto prazo, além de permitir uma correção de preços de produtos e serviços. Isso ocorre pois, em teoria, quando essa taxa sobe, os investimentos em renda fixa ficam mais atrativos, fazendo com que o consumidor prefira investir seu dinheiro do que realizar compras diretas teoricamente falando. Isso faz com que os produtos se mantenham nas prateleiras e, conseqüentemente pela relação entre oferta e demanda, os preços caem. Em 2018, essa se encontra próxima de 6,5% ao ano (BCB, 2018).

### **3.8.3 VPL**

O Valor Presente Líquido (VPL) é comumente utilizado para verificar a viabilidade econômica de um investimento. Com esse indicador, também é possível calcular o ganho real que esse investimento trará, pois é considerada a variação do valor do dinheiro com o passar do tempo.

O cálculo do VPL é baseado no Fluxo de Caixa (FC) da empresa para um investimento durante determinado período de tempo, ou seja, considera-se o investimento inicial (saída no fluxo de caixa) mais o retorno dos investimentos nos meses seguintes (entrada no fluxo de caixa), sempre considerando a variação do valor da moeda com o

decorrer do tempo (Correia et al., 2013, p.6). Além dos dados de fluxo de caixa, é considerada uma taxa de desconto, para comparar no rendimento que esse investimento teria se fosse aplicado em um investimento seguro. Em geral, utiliza-se a taxa Selic por ser uma taxa normalmente menor (conservadora).

Por fim, o VPL irá se dividir em 3 categorias, o positivo, negativo e neutro. Respectivamente, o primeiro representa um investimento que trará ganhos, o segundo não é indicado, pois indica prejuízo e o terceiro como o próprio nome já diz, trará um balanço financeiro nem positivo nem negativo (Equação 3).

$$\sum_{n=1}^{n=N} FCt / (1 + i)^n \quad (3)$$

*Fonte: Guia do Empreendedor*

Em que:

$F_c$ - fluxo de caixa do período “t”;

$i$  - a taxa de juros aplicada; e

$n$ - número de períodos analisados.

### 3.8.4 TIR

A Taxa Interna de Retorno (TIR) vem do inglês IRR (*Internal Rate of Return*) e nada mais é do que uma taxa, em porcentagem, que irá zerar o cálculo do VPL, ou seja, os valores das despesas corrigidos tornam-se iguais aos valores de investimento também corrigidos. Dito isso, em uma situação em que a TIR for maior do que a TMA (Taxa Mínima de Atratividade, que representa o mínimo que o investidor está disposto a ganhar) significa que o projeto é economicamente atrativo. A TIR não depende da taxa predominante no mercado de capitais, e não depende de qualquer coisa, exceto dos fluxos de caixa do projeto (ROSS et al., 2002, p.142).

### 3.8.5 ROI

O ROI vem do inglês *Return on Investment* (traduzido para retorno sobre investimento) e pode ser definido como o índice econômico que busca verificar se existe retorno financeiro após um investimento em um processo ou programa (PHILLIPS; PHILLIPS, 2006). Assim dizendo, o ROI mede a relação entre o investimento e o benefício esperado e, com isso, é possível avaliar a eficiência desse investimento (SANTOS, 2012, p. 36).

Segundo a empresa Endeavor (2015), esse índice pode ser definido pela seguinte equação:

$$ROI = \frac{\text{GanhoObtido} - \text{Investimento Inicial}}{\text{Investimento Inicial}} \quad (4)$$

Também devem ser incluídos no investimento inicial todos os gastos durante o processo (antes da aplicação de impostos), a fim de se obter um resultado mais sólido com os custos operacionais.

Diferentemente do *Payback*, o ROI leva em conta todos os gastos do projeto, e não apenas o investimento inicial. Isso faz com que seja um indicador mais próximo da realidade e podendo ter maior credibilidade em um estudo de viabilidade

### 3.8.6 Payback

O Payback é um indicador econômico utilizado por gestores empresariais que significa “retorno” e serve para calcular o tempo necessário para que um investimento gere retorno financeiro. O mesmo está relacionado com outros indicadores, como TIR, VPL e ROI uma vez que também oferece uma ideia de liquidez a ser resgatada do projeto. Contudo, deve-se ter atenção ao utilizar esse método, pois paybacks iguais podem ocorrer em projetos com diferentes viabilidades (ROSS et. al, 2002, p. 140-142), portanto, nunca se deve analisar esse indicador isoladamente

Esse indicador pode ser dividido em dois casos, o simples e o descontado. A diferença entre eles é o fato de que o *Payback* Simples não considera o princípio fundamental da Engenharia Econômica, a variação do valor da moeda com o passar do tempo podendo, portanto, ter um erro maior de previsibilidade (LIMA, et. al., 2013, p.166).

O *Payback* possui a vantagem de considerar o tempo do investimento, ao contrário do VPL (NETO; LIMA, 2009, p.92) (Equação 5).

$$\sum_{k=1}^j \frac{FC}{(1+TMA)^k} \geq FC(0) \quad (5)$$

Em que:

FC (0) = Investimento Inicial

FC = Fluxo de Caixa no período k

TMA = Taxa Mínima de Atratividade

K = Período Considerado

*Fonte: LIMA, et. al., 2013, adaptado*

### 3.9 Agenda 2030

De acordo com a ONU (2015), a Agenda 2030 é um plano de ação que visa a transformação do mundo de forma que o desenvolvimento sustentável aja na vida de todas as pessoas e em prol do bem-estar do planeta. Essa agenda foi finalizada em 2015 e traz a ideia de que todos os países e atuem colaborativamente para o cumprimento de 17 objetivos até o ano de 2030. Ainda segundo ONU (2015) dentro desses objetivos existem 169 metas que buscam concretizar os direitos humanos de forma a alcançar a igualdade entre gêneros e etnias e o proteger o planeta e seus recursos naturais.

Dentre os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 estão:

- **Objetivo 1.** Acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares
- **Objetivo 2.** Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável
- **Objetivo 3.** Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades
- **Objetivo 4.** Assegurar a educação inclusiva e equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos
- **Objetivo 5.** Alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres e meninas

- **Objetivo 6.** Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos
- **Objetivo 7.** Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos
- **Objetivo 8.** Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo e trabalho decente para todos
- **Objetivo 9.** Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação
- **Objetivo 10.** Reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles
- **Objetivo 11.** Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis
- **Objetivo 12.** Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis
- **Objetivo 13.** Tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos
- **Objetivo 14.** Conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável
- **Objetivo 15.** Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade
- **Objetivo 16.** Promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas em todos os níveis
- **Objetivo 17.** Fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável

**Figura 6: Objetivos do Desenvolvimento Sustentável**

Fonte: ONU Brasil, 2015

## 4- METODOLOGIA

### 4.1 Empresa de Estudo

A empresa objeto de estudo é do seguimento alimentício e possui maior parte de sua produção no estado de Minas Gerais, porém possui uma planta industrial no estado de Goiás, possuindo no total cinco unidades fabris. Essa empresa atua com processos desde o nascimento de aves e suínos, até a disposição final das carcaças dos animais.

### 4.2 Consumo interno para abastecimento das caldeiras

A empresa possui diferentes demandas referentes à quantidade e tipo de combustível a ser utilizado em cada uma das cinco unidades. Enquanto as unidades 2 e .3 utilizam apenas cavaco, as unidades 4 e 5 utilizam apenas óleo BPF e a unidade 1 utiliza tanto caldeiras alimentadas com cavaco como caldeiras alimentadas por óleo BPF.

Além das diferentes demandas, o fornecimento de combustível também varia quanto ao preço. Na tabela 2 observa-se que os custos por unidade são variados.

**Tabela 2: Demanda de Combustível por Unidade Fabril**

Unidade	Combustível	Quantidade (ton/mês)	Custo Médio Mensal	Custo Anual por Unidade
1	Cavaco	877,57	R\$ 127.630,00	R\$ 1.531.560,00
	Ó. BPF	39,07	R\$ 72.000,00	R\$ 864.000,00
2	Cavaco	683,75	R\$ 91.061,50	R\$ 1.092.738,00
3	Cavaco	998,67	R\$ 196.738,88	R\$ 2.360.866,56
4	Ó. BPF	59,47	R\$ 122.600,58	R\$ 1.471.206,96
5	Ó. BPF	26,50	R\$ 55.608,52	R\$ 667.302,24
<b>TOTAL</b>			<b>R\$ 750.005,20</b>	<b>R\$ 7.987.637,76</b>

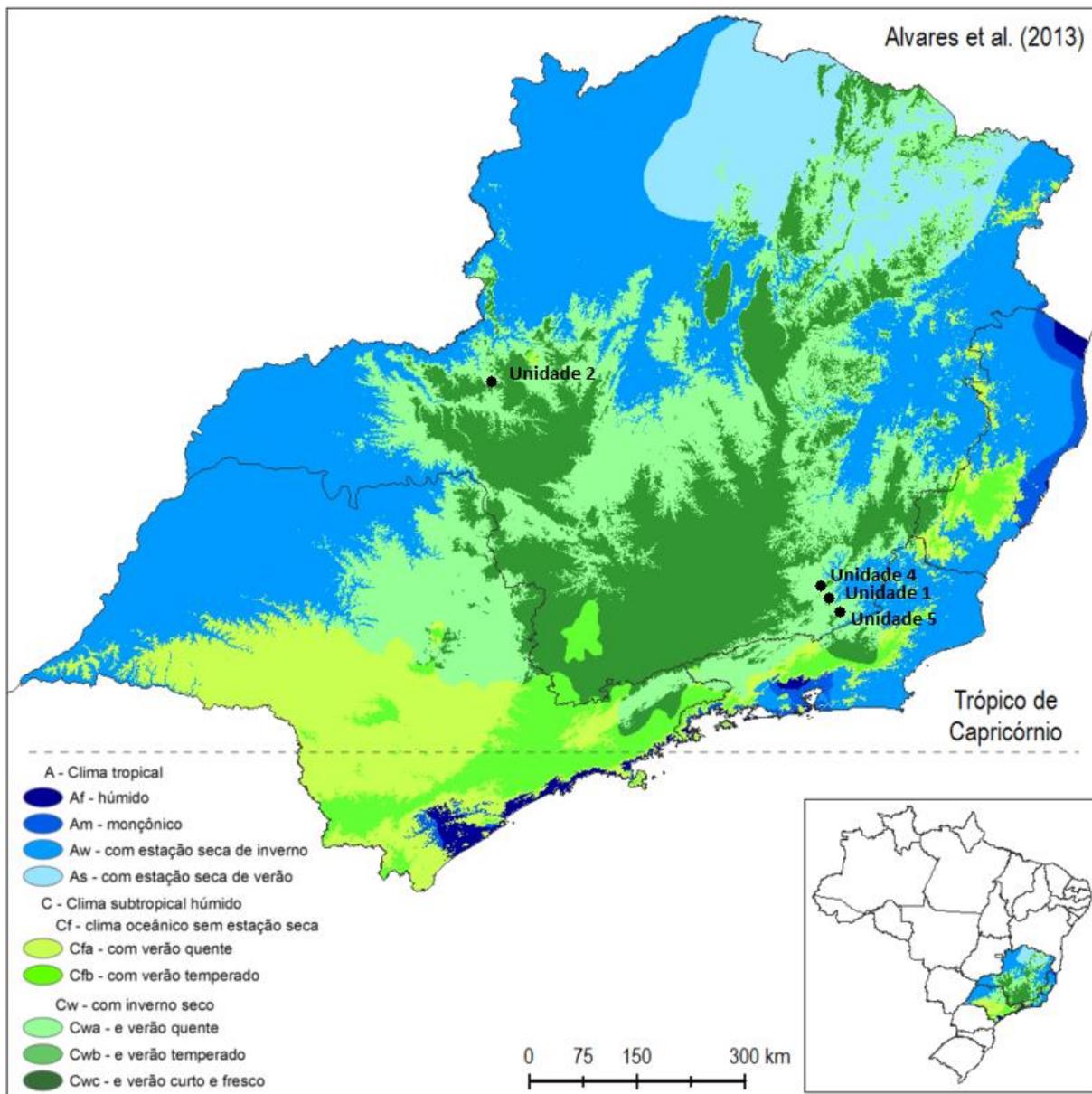
Fonte: Autoria Própria – Dados referentes ao ano de 2017

### 4.3 Definição da área de estudo

Para definir a área de estudo foi levado em consideração as unidades da empresa que utilizam caldeiras industriais a vapor e selecionadas as suas respectivas regiões.

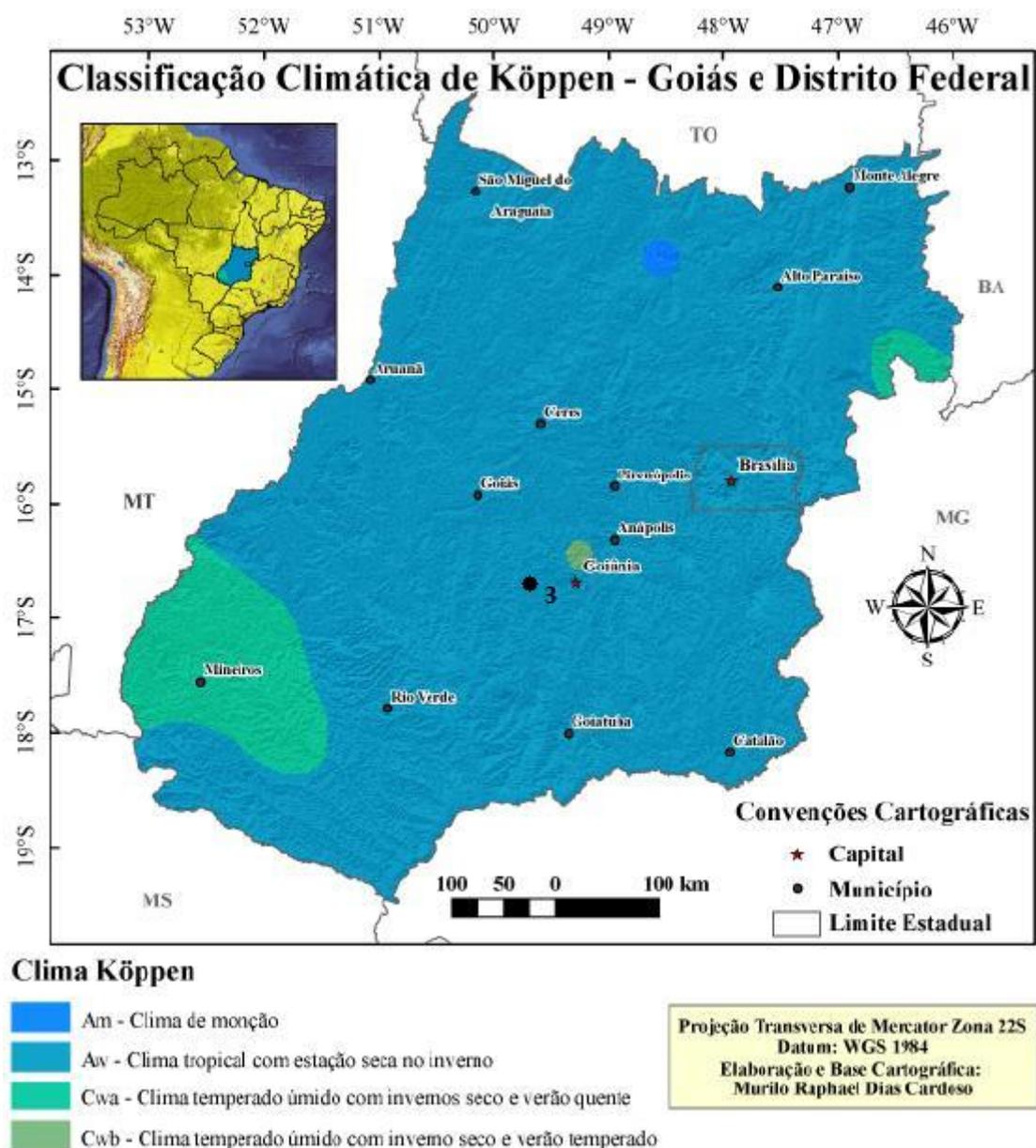
As unidades 1, 4 e 5 são próximas umas das outras e estão no sudeste do estado de Minas Gerais, região de clima sub-tropical úmido pela classificação Köppen-Geige (Cwa) cuja característica consiste em verões chuvosos e invernos secos (ROLIM et.al., 2007). A Unidade 1 possui matriz energética baseada tanto no uso de cavaco quanto óleo BPF, enquanto as unidades 4 e 5 apenas óleo BPF. A unidade 2 se encontra a oeste do estado de Minas Gerais, com clima tropical pela classificação Köppen-Geige (Aw) com verões úmidos e invernos secos. E a unidade 3 no centro do estado de Goiás, região essa também com clima tropical caracterizada por invernos bem secos e verões chuvosos (ROLIM et.al., 2007). Tanto as unidades 2 e 3 atuam com matriz energética de cavaco, conforme mostra a tabela 2.

Figura 7: Classificação Koppen da Região Sudeste



Alvares et. al. (2013) adaptado

**Figura 8: Classificação Köppen de Goiás**



UNEMAT, 2014 & Cardoso et.al. Adaptado

Segundo mapas do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV, 2013) as unidades 1, 4 e 5 apresentam predominância de Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, enquanto a unidade 2 apresenta predominância de Latossolo Vermelho Distrófico. Já a unidade 3 se encontra em região de Latossolo Vermelho segunda estudos realizados pela Universidade do Estado do Mato Grosso (UNEMAT, 2014).

As unidades 1 e 3, são especializadas no abate e processamento de carne de aves, possuindo também setores responsáveis pela graxaria e fábrica de ração para os animais a serem abatidos. A unidade 2 é responsável pelo abate e processamento de suínos, possuindo setores também responsáveis pela graxaria e fábrica de ração para os animais. Já as unidades 4 e 5 são responsáveis pela produção de embutidos e massas, sendo essas as principais consumidoras de óleo BPF dentre todas as unidades.

Outra informação importante, é o fato de que a empresa, desde 2017, vem melhorando seus índices de sustentabilidade, realizando projetos sobre o bem-estar animal, melhor gestão de suas condicionantes ambientais, ciclo de vida de suas embalagens dentre outros. Em paralelo a isso, a mesma visa o cumprimento da Agenda 2030 da ONU a fim de melhorar ainda mais esse índice de sustentabilidade.

#### 4.4 Coleta de Dados

Primeiramente, foram coletados dados de cada unidade fabril da empresa como quantidade de combustível utilizado (t/mês), características como poder calorífico de cada combustível (em Mcal/mês) e custos em reais (R\$), dos combustíveis utilizados. As densidades dos combustíveis adotadas foram 0,970 kg/L para o óleo BPF (ADETEC, 2018) e para eucalipto seco adotou-se 1,13 t/m<sup>3</sup>, valor intermediário entre 1,09m<sup>3</sup> e 1,18m<sup>3</sup> conforme Alves et. al. (2016). Para o poder calorífico médio de cada combustível, adotou-se 9.600 kcal/kg para o óleo BPF, 4.100 kcal/kg para o cavaco de eucalipto (baixo teor de umidade) e aproximadamente 3000 kcal/kg para a lenha de eucalipto com umidade próxima de 20% (ADETEC, 2018) (Tabela 3).

**Tabela 3: Poder Calorífico dos Combustíveis**

<b>Tipo</b>	<b>Umidade (%)</b>	<b>Poder Calorífico (kcal/kg)</b>
Óleo BPF	-	9.600
Lenha – Eucalipto	20 – 60	3.380
Cavaco – Eucalipto	20 – 60	4.100

Fonte: Adetec Caldeiras e Aquecedores (2018) - Adaptado

Segundo Schürhaus (2007) a lenha possui poder calorífico entre 2500 e 3000 kcal/kg dependendo do seu teor de umidade e, a madeira de reflorestamento (pinus, eucalipto dentre outros) possui poder calorífico próximo de 4400 kcal/kg quando a umidade é inferior a 10%, porém será utilizado o valor consultado da empresa externa que não possui grande diferença em relação à literatura consultada.

### 4.3 Análise de Viabilidade Econômica

Os dados foram tabulados e processados no Microsoft Excel® 2016 criando assim algumas tabelas, a primeira alimentada com os valores coletados das unidades do ano de 2017 como quantidades de combustível necessário e o custo que esse combustível acarretou para a empresa. Então foi realizado uma projeção de custos para os próximos 5 anos subsequentes.

Foi feito o cálculo sem correção monetária e em outra coluna os valores corrigidos considerando inicialmente a taxa SELIC que é a taxa mais conservadora a se utilizar em estudos de viabilidade, atualmente fixada em aproximadamente 6,5% a.a. (BCB, 2018). Também existem estudos que dizem para se considerar taxas próximas do rendimento da poupança (aproximadamente 6% a.a.) para efeitos de uma comparação do investimento na cultura florestal com um investimento financeiro tradicional (Lemos, 2014, p.43). Contudo, foram considerados também cálculos aplicando taxas de 7,5%, 9,0% e 10% ao ano, a fim de se ter diversos cenários prováveis.

Para estimar o custo total referente ao tempo de implantação do projeto (5 anos, referente ao tempo de crescimento dos estratos para o primeiro corte) da compra de combustível, multiplicou-se o valor do custo anual levantado por 5 e, para o valor corrigido, utilizou-se a fórmula financeira de Valor Futuro (VF) para cada uma das taxas (Equação 6).

$$FVA = \left( \frac{(1+i)^n - 1}{i} \right) \times PMT \quad (6)$$

Em que:

FVA = Valor Futuro;

PMT = Pagamento por Período;  
 i = Taxa;  
 n = Número de períodos

*Fonte: Autoria Própria*

A partir da quantidade fornecida de quantidade demandada de combustíveis, estimou-se o poder calorífico necessitado por cada unidade da empresa, em kcal/mês, e convertida em Mcal/mês para facilitar os cálculos. Com base no poder calorífico e na densidade média da madeira do eucalipto e óleo BPF, realizou-se o cálculo da quantidade demandada em tonelada por mês e em metros cúbicos (m<sup>3</sup>) por mês (Tabela 4).

**Tabela 4: Premissas para o Cálculo de Demanda Energética**

<b>Fonte de energia</b>	<b>Valores</b>
Densidade Óleo BPF	0,970 kg/L
1t de eucalipto sem casca	1,13m <sup>3</sup>
Poder calorífico óleo BPF adotado	9600 kcal/ kg
Poder calorífico lenha adotado	3000 kcal/ kg
Poder calorífico cavaco adotado	4100 kcal/ kg

Baseada na demanda energética das unidades da empresa estimou-se a área de plantio de eucalipto necessária para suprir a mesma. Para isso, consideraram-se três cenários:

- **1º cenário:** 100% da demanda energética seria suprida pelo plantio de eucalipto;
- **2º cenário:** 80% da demanda seria do plantio e 20% da compra de terceiros; e
- **3º cenário:** 50% da demanda proveniente do plantio e 50% da compra de terceiros.

Tendo os possíveis cenários definidos escolheu-se um modelo de plantio semi-adensado com mudas espaçadas entre 3m x 2m, obtendo-se aproximadamente 1667 arvores por hectare (SILVA, 2018). Ainda conforme Silva (2018) foi obtido uma média de

produção (crescimento) entre 35m<sup>3</sup> e 45m<sup>3</sup> por hectare por ano, o que permitiu o cálculo da aproximação da área necessária para atender a demanda.

Destaca-se que apesar da informação da consultoria feita internamente pela empresa em que utilizaram como base crescimento de 60m<sup>3</sup> por hectare por ano para os plantios, adotou-se como medida conservadora, incremento médio anual de 40m<sup>3</sup>/ha.ano<sup>1</sup> (Equação 7).

$$\frac{De \times 12}{40 \frac{m^3}{ha \cdot ano}} = \text{Área} \quad (7)$$

Em que:

De = Demanda de Eucalipto (m<sup>3</sup>/mês)

*Fonte: Autoria Própria*

Posteriormente, extrapolou-se o cálculo das áreas considerando 3 ciclos de rotação da cultura e 5 anos de período de crescimento do plantio de eucalipto para suprimento de madeira, com base em pesquisa de mercado realizada com duas consultorias. Vale ressaltar que nos primeiros 5 anos ainda haverá dispêndio com a compra de combustíveis de terceiros, para os três cenários adotados, portanto, o custo inicial de projeto será o total de custo nesse mesmo período. A economia que o projeto acarretará será contabilizada após esses 5 anos de implantação até o final do terceiro ciclo de corte, quando ocorrerá a necessidade de um novo plantio completando-se 15 anos de projeto.

Após a obtenção dos indicadores, considerou-se para fins de comparação, o custo de oportunidade a partir de outras ferramentas de matemática financeira, bem como benefícios ambientais que poderiam ser gerados.

#### **4.4 Análise da Viabilidade Técnica**

Um fator muito importante nesse estudo de viabilidade é considerar a possibilidade da obtenção de equipamentos para a operação do projeto e até mesmo a substituição de equipamentos já presentes nas unidades como, por exemplo, as caldeiras de óleo BPF

por caldeiras abastecidas com cavaco. Essa troca de caldeiras, a partir de levantamentos realizados previamente pela empresa, corresponde a um investimento adicional de R\$ 2.000.000,00 (2 milhões), em média, para cada unidade que tenha de realizar essa troca (unidades 4 e 5). A unidade 1 já obteve a troca de caldeira e está no processo de construção, mas sem previsão de quando ficará pronta.

Outro maquinário necessário para o projeto seria um picador/triturador de madeira, para a transformação da lenha em cavaco, caso o projeto se mostre mais viável com a utilização do mesmo. O orçamento feito pela empresa para a obtenção de tal maquinário é da ordem de R\$400.000,00 (400 mil), que deverá ser incluso no investimento inicial de projeto nos cenários da utilização de cavaco.

Já os valores de manejo e operação das florestas de eucalipto foram obtidos através de pesquisas com produtores rurais integrados da empresa, empresas prestadoras de serviços e consultorias externas, chegando-se ao valor médio de R\$ 1000,00/ha (considerando adubação, mão de obra de manejo, combate de formigas e pragas e controle de erva daninha), manutenção essa que perduraria por 15 anos, até o final do projeto. O valor de implantação dessas árvores foi levantado, assim como feito para manutenção das florestas, obtendo investimento igual a R\$ 3000,00/ha quando utilizado o espaçamento de 3m x 2,0m para o plantio (considerando calagem, adubação inicial, mão de obra de implantação e mudas). Esse valor é o referente ao “pacote” de custos acordado com a empresa contratada caso fosse realizado o projeto em todas as unidades (Tabela 5).

Vale ressaltar que segundo MMA (2017), para espaçamentos de 3m x 2,0m a soma dos custos de implantação do eucalipto é de aproximadamente R\$ 2.415,00/ha, um pouco abaixo do orçado. Contudo, optou-se por considerar o valor mais alto orçados a fim de se ter um cenário mais conservador.

**Tabela 5: Custos para plantio de eucalipto para fins energéticos**

<b>Ano</b>	<b>Etapa</b>	<b>Custo</b>
0 - 5	Implantação feita pela Empresa contratada	R\$ 3.000,00/ha
0 - 15	Adubação - Manejo	R\$ 400,00/ha
0 - 15	Mão de Obra - Manejo	R\$ 300,00/ha
0 - 15	Combate de Formigas e Pragas - Manejo	R\$ 100,00/ha
0 - 15	Controle de Erva Daninha - Manejo	R\$ 200,00/ha
<b>TOTAL – Manejo/ha</b>		<b>R\$ 1000,00/ha</b>

*Fonte: Autoria Própria*

Por fim, foi calculado quando em média de emissões que o óleo BPF utilizado nas unidades 1, 4 e 5 emitem, e comparado com a emissão que a biomassa traria. No caso da biomassa, a emissão de dióxido de carbono é quantificada, contudo devido ao balanço nulo de emissão com o carbono capturado no crescimento das árvores, o mesmo não deve ser contabilizado. Ben (2012) relata como deve ser calculado os cálculos de emissão de GEE's para o óleo combustível (Equação 8) e para a biomassa (Equação 9).

$$QL \times (Fec + (Fem \times Pam) + (Fen \times Pan)) = GEE \quad (8)$$

Em que:

QL: Quantidade de óleo consumida por ano (em litros)

Fec: Fator de emissão para o óleo (CO<sub>2</sub>) (igual a 3,21kg/l)

Fem: Fator de emissão para o óleo (CH<sub>4</sub>) (igual a 0,0004kg/l)

Pam: Potencial de Aquecimento global do metano (25)

Fen: Fator de emissão para o óleo (N<sub>2</sub>O) (igual a 0,000024kg/l)

Pan: Potencial de Aquecimento global do óxido nitroso (298)

$$QM \times (Fec + (Fem \times Pam) + (Fen \times Pan)) = GEE \quad (9)$$

Em que:

QM: Quantidade de Madeira consumida por ano (em Toneladas)

Fec: Fator de emissão para a madeira (CO<sub>2</sub>) (igual a 1,917kg/l)

Fem: Fator de emissão para a madeira (CH<sub>4</sub>) (igual a 5,42609kg/l)

Pam: Potencial de Aquecimento global do metano (25)

Fen: Fator de emissão para a madeira (N<sub>2</sub>O) (igual a 0,072348kg/l)

Pan: Potencial de Aquecimento global do óxido nitroso (298)

## 5- RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados coletados com a empresa, produtores integrados, empresas de consultoria e prestadoras de serviço, foi possível inventariar diversos dados de previsão de custos com combustíveis e índices econômicos para avaliar a viabilidade da aplicação de projeto nas unidades da empresa.

O custo médio que a empresa teria nos próximos 5 anos apenas com a compra de combustíveis de terceiros chegaria próximo dos R\$45 milhões se considerar a taxa de correção SELIC do ano de 2018 (6,5% ao ano) e chega próximo aos R\$49 milhões para taxas de 10% a.a. (Tabela 6).

**Tabela 6: Previsão de gastos para compra de combustíveis**

Unidade	Combustível	Custo médio anual	Custo médio em 5 anos	Custo médio em 5 anos (Correção – 6,5%)	Custo médio em 5 anos (Correção – 10%)
1	Cavaco	R\$1.531.560,00	R\$7.657.800,00	R\$8.720.152,77	R\$9.350.326,96
	Ó. BPF	R\$864.000,00	R\$4.320.000,00	R\$4.919.305,80	R\$5.274.806,40
2	Cavaco	R\$1.092.738,00	R\$5.463.690,00	R\$6.221.657,85	R\$6.671.274,76
3	Cavaco	R\$2.360.866,56	R\$11.804.332,80	R\$13.441.926,58	R\$14.413.326,44
4	Ó. BPF	R\$1.471.206,96	R\$7.356.034,80	R\$8.376.524,23	R\$8.981.865,61
5	Ó. BPF	R\$667.302,24	R\$3.336.511,20	R\$3.799.379,38	R\$4.073.946,91
<b>TOTAL</b>		<b>R\$7.987.637,76</b>	<b>R\$39.938.368,80</b>	<b>R\$45.475.946,62</b>	<b>R\$48.765.547,07</b>

*Fonte: Autoria Própria*

Como cada unidade da empresa utiliza como fonte de energia cavaco e/ou óleo BPF, avaliou-se a quantidade de energia gerada com cada combustível, em Mcal/mês (Tabela 7).

**Tabela 7: Quantidade de energia demandada por unidade da empresa, em Mcal/mês**

<b>Unidade</b>	<b>Combustível</b>	<b>Calor mensal necessário (Mcal/mês)</b>
<b>1</b>	Cavaco	3.598.023,33
	Ó. BPF	375.072,00
<b>2</b>	Cavaco	2.803.375,00
<b>3</b>	Cavaco	4.094.548,86
<b>4</b>	Ó. BPF	570.912,00
<b>5</b>	Ó. BPF	254.400,00

*Fonte: Autoria Própria*

Posteriormente, estimou-se a quantidade de lenha requerida para suprir a demanda energética das unidades. Para isso, sabe-se que para cada quilograma de madeira seca triturada possui uma média de 4100 kcal de acordo com a empresa consultada para a troca das caldeiras (Adetec) e segundo Quirino et. al (2005, p.10), fazendo as conversões necessárias verificou-se que cada tonelada de madeira seca gera aproximadamente 4100 Mcal. A partir deste valor e com base na demanda energética de cada unidade estimou-se a quantidade de lenha necessária para suprir a demanda das unidades (Tabela 8 e Tabela 9).

**Tabela 8: Demanda mensal por lenha para abastecimento energético das unidades da empresa, em toneladas**

<b>Unidade</b>	<b>Quantidade de lenha necessária para suprir 100% da demanda (Ton/mês)</b>	<b>Quantidade de lenha necessária para suprir 80% da demanda (Ton/mês)</b>	<b>Quantidade de lenha necessária para suprir 50% da demanda (Ton/mês)</b>
<b>1</b>	1.199,34	959,47	599,67
	125,02	100,02	62,51
<b>2</b>	934,46	747,57	467,23
<b>3</b>	1.364,85	1.091,88	682,42
<b>4</b>	234,88	187,90	117,44
<b>5</b>	84,80	67,84	42,40

*Fonte: Aatoria Própria*

**Tabela 9: Demanda mensal por lenha para abastecimento energético das unidades da empresa, em m<sup>3</sup>**

<b>Unidade</b>	<b>Combustível</b>	<b>Total de eucalipto em m<sup>3</sup>/mês (100%)</b>	<b>Total de eucalipto em m<sup>3</sup>/mes (80%)</b>	<b>Total de eucalipto em m<sup>3</sup>/mes (50%)</b>
<b>1</b>	Cavaco	1.355,26	1.084,20	677,63
	Ó. BPF	141,28	113,02	70,64
<b>2</b>	Cavaco	1.055,94	844,75	527,97
<b>3</b>	Cavaco	1.542,28	1.233,82	771,14
<b>4</b>	Ó. BPF	265,41	212,33	132,71
<b>5</b>	Ó. BPF	95,82	76,66	47,91

*Fonte: Aatoria Própria*

Contudo, devido à facilidade de armazenamento da madeira triturada (cavaco) conforme informado pela engenharia da empresa e a maior área de contato no momento da reação de combustão em relação a lenha, conforme informado pela empresa

consultada, descartou-se o uso dos toretes de lenha e, portanto, também foi considerado a trituração da madeira e quanto seria a quantidade necessária de combustível no caso da trituração, tanto em tonelada como metros cúbicos (Tabela 10). Com o maior poder calorífico do cavaco (ADETEC, 2018) chegou-se a uma redução de madeira necessária para o suprimento das caldeiras da ordem de 30%, valor calculado e diretamente proporcional à variação de poder calorífico apresentado, o que reduziria consideravelmente o custo inicial de projeto.

**Tabela 10: Demanda mensal por cavaco para abastecimento energético das unidades da empresa, em m<sup>3</sup>**

<b>Unidade</b>	<b>Calor mensal necessário (kcal/mês)</b>	<b>Total de eucalipto em m<sup>3</sup>/mês (100%)</b>	<b>Total de eucalipto em m<sup>3</sup>/mês (80%)</b>	<b>Total de eucalipto em m<sup>3</sup>/mês (50%)</b>
<b>1</b>	3.598.023.333,33	991,65	793,32	495,83
	375.072.000,00	103,37	82,70	51,69
<b>2</b>	2.803.375.000,00	772,64	618,11	386,32
<b>3</b>	4.094.548.862,08	1.128,50	902,80	564,25
<b>4.</b>	704.640.000,00	194,21	155,36	97,10
<b>5</b>	254.400.000,00	70,12	56,09	35,06

*Fonte: Aatoria Própria*

A partir das demandas em m<sup>3</sup>, foi possível calcular a área necessária de plantio em hectares para o suprimento anual dos 3 cenários, 100%, 80% e 50% de suprimentos, tanto para a utilização da lenha (Tabela 11) como da madeira triturada (cavaco) (Tabela 12), considerando que haja um crescimento médio da madeira de 40m<sup>3</sup> por hectare por ano. Assim obteve-se a área para se aplicar o projeto por um ano.

**Tabela 11: Área requerida para abastecimento de lenha, em ha**

<b>Unidade</b>	<b>Área requerida para suprir 100%(ha)</b>	<b>Área requerida para suprir 80%(ha)</b>	<b>Área requerida para suprir 50%(ha)</b>
<b>1</b>	406,58	325,26	203,29
	42,38	33,91	21,19
<b>2</b>	316,78	253,43	158,39
<b>3</b>	462,68	370,15	231,34
<b>4</b>	79,62	63,70	39,81
<b>5</b>	28,75	23,00	14,37

*Fonte: Autoria Própria*

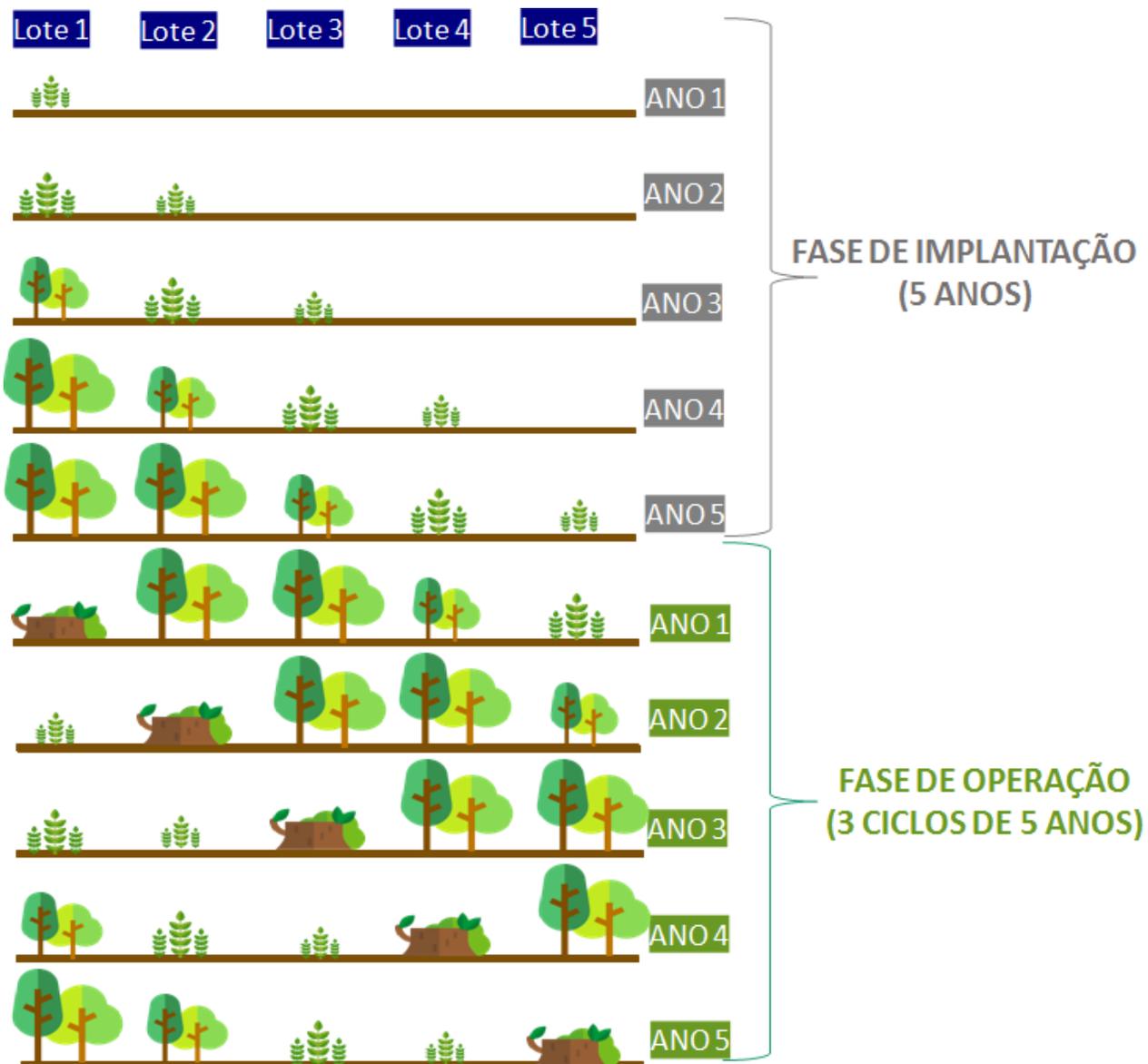
**Tabela 12: Área requerida para abastecimento de cavaco, em ha**

<b>Unidade</b>	<b>Área requerida para suprir 100%</b>	<b>Área requerida para suprir 80%</b>	<b>Área requerida para suprir 50%</b>
<b>1</b>	297,50	238,00	148,75
	31,01	24,81	15,51
<b>2</b>	231,79	185,43	115,90
<b>3</b>	338,55	270,84	169,27
<b>4</b>	47,20	37,76	23,60
<b>5</b>	21,03	16,83	10,52

*Fonte: Autoria Própria*

A partir dos dados supracitados, estimou-se o custo inicial do projeto considerando uma rotação completa de plantio e auto-suficiência energética (Figura 9). O custo no primeiro ano do projeto foi somado com o custo de manutenção dos próximos quatro, gerando os valores de custo total do eucalipto (Tabela 13).

**Figura 9: Esquema de rotação das áreas de plantio de eucalipto**



*Autoria Própria*

**Tabela 13: Custo Inicial de implantação para suprir a demanda energética com cavaco**

<b>Unidade</b>	<b>Custo 100%</b>	<b>Custo 80%</b>	<b>Custo 50%</b>
<b>1</b>	R\$13.089.784,40	R\$10.471.827,52	R\$ 6.544.892,00
	R\$1.364.530,23	R\$1.091.624,19	R\$ 682.265,00
<b>2</b>	R\$10.198.815,00	R\$8.159.052,00	R\$ 5.099.407,50
<b>3</b>	R\$14.896.168,49	R\$11.916.934,80	R\$ 7.488.084,25
<b>4</b>	R\$2.077.005,71	R\$1.661.604,56	R\$ 1.038.502,85
<b>5</b>	R\$925.519,61	R\$740.415,69	R\$ 462.759,80
<b>Total</b>	<b>R\$42.551.823,44</b>	<b>R\$34.041.458,75</b>	<b>R\$ 21.275.911,72</b>

Fonte: Autoria Própria

No custo inicial de implantação (considerando os valores de 3000,00/ha para implantação e R\$ 1000,00/ha de manejo) foram acrescidos 20% do valor para reposição de mudas que não vingarem ou atingidas por pragas. Com esse valor inicial de implantação, foi adicionado valores como a troca de caldeira das unidades 4 e 5, além da compra de maquinário para a trituração da madeira, custos operacionais do manejo das florestas e compra de terras com valores retirados do relatório de valores de terra nua de 2018 da EMATER MG (EMATER, 2018) (Tabela 14).

**Tabela 14: Custos de implantação de plantios de eucalipto para produção de cavacos, em reais**

<b>Custo/Cenário</b>	<b>100%</b>	<b>80%</b>	<b>50%</b>
Plantio dos Espécimes	R\$ 42.551.823,44	R\$ 34.041.458,75	R\$ 21.275.911,72
Maquinário para Trituração da Madeira	R\$ 400.000,00	R\$ 400.000,00	R\$ 400.000,00
Troca de Caldeiras	R\$ 4.000.000,00	R\$ 4.000.000,00	R\$ 4.000.000,00
Compra de terras (Emater, 2018)	R\$ 1.500.000,00	R\$ 1.200.000,00	R\$ 750.000,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 48.451.823,44</b>	<b>R\$ 39.641.459,75</b>	<b>R\$ 26.425.912,72</b>

Autoria Própria

Então foram calculados os valores do gasto com os combustíveis das caldeiras para os anos consecutivos no caso da não aplicação do projeto (Tabela 15), para o cenário de projeto de 100% (Tabela 16), de 80% (Tabela 17) e de 50% (Tabela 18), todos devidamente corrigidos pela SELIC e com seus respectivos índices econômicos calculados.

**Tabela 15: Custo da Operação em 15 anos da não aplicação do projeto**

<b>Ano</b>	<b>Custo anual</b>		<b>Custo acumulado</b>	
5		-	R\$	45.478.946,62
6	R\$	10.943.805,29	R\$	56.422.751,91
7	R\$	11.655.152,63	R\$	68.077.904,54
8	R\$	12.412.737,56	R\$	80.490.642,10
9	R\$	13.219.565,50	R\$	93.710.207,60
10	R\$	14.078.837,25	R\$	107.789.044,85
11	R\$	14.993.961,68	R\$	122.783.006,53
12	R\$	15.968.569,18	R\$	138.751.575,71
13	R\$	17.006.526,18	R\$	155.758.101,89
14	R\$	18.111.950,38	R\$	173.870.052,27
15	R\$	19.289.227,16	R\$	193.159.279,43
<b>Total</b>	<b>R\$</b>	<b>147.680.332,81</b>		

*Autoria Própria*

O custo total no período do ano 6 ao ano 15 equivaleria a R\$147.680.332,81 (valor de 193 milhões menos os 45 milhões dos 5 primeiros anos), valor esse que trazido para o ano de 2018 sobre uma taxa de 6,5% a.a. corresponde a R\$102.758.735,12

O total nos anos de projeto atendendo 100% da demanda energética das unidades corresponde a uma economia acumulada de aproximadamente 58 milhões de reais ao final dos 15 anos. Esse valor, corrigido por uma taxa de 6,5% a.a., corresponde a aproximadamente R\$ 40,5 milhões em 2018. Já o total gasto no período do ano 6 ao ano 15, foi de aproximadamente R\$89 milhões que, corrigido pela mesma taxa, corresponde a aproximadamente R\$62 milhões em 2018 (Tabela 16).

**Tabela 16: Fluxo de caixa de operação com 100% de suprimento de cavaco para as 5 unidades, corrigido a 6,5% a.a.**

<b>Ano</b>	<b>Gasto Anual</b>	<b>Gasto acumulado</b>	<b>Economia Acum.</b>
5	-	R\$ 42.551.823,44	-
6	R\$ 6.624.964,30	R\$ 49.176.787,74	R\$ 4.318.840,99
7	R\$ 7.055.586,97	R\$ 56.232.374,71	R\$ 8.918.406,65
8	R\$ 7.514.200,13	R\$ 63.746.574,84	R\$ 13.816.944,08
9	R\$ 8.002.623,14	R\$ 71.749.197,98	R\$ 19.033.886,44
10	R\$ 8.522.793,64	R\$ 80.271.991,62	R\$ 24.589.930,05
11	R\$ 9.076.775,23	R\$ 89.348.766,84	R\$ 30.507.116,50
12	R\$ 9.666.765,62	R\$ 99.015.532,46	R\$ 36.808.920,07
13	R\$ 10.295.105,38	R\$ 109.310.637,84	R\$ 43.520.340,87
14	R\$ 10.964.287,23	R\$ 120.274.925,07	R\$ 50.668.004,02
15	R\$ 11.676.965,90	R\$ 131.951.890,98	R\$ 58.280.265,28

*Fonte: Autoria Própria*

No caso do suprimento de 80% da demanda energética pela madeira plantada e triturada, obteve-se uma economia próxima de 46,5 milhões de reais ao final dos 15 anos. Esse valor convertido para 2018, considerando a SELIC de 2018 para correção, corresponde a aproximadamente R\$ 32 milhões. O total gasto no período do ano 6 ao 15 foi de aproximadamente R\$101 milhões, que corresponde a aproximadamente R\$70 milhões em 2018 se corrigido a uma taxa de 6,5% (Tabela 17).

**Tabela 17: Fluxo de caixa de operação com 80% de suprimento de cavaco para as 5 unidades, corrigido a 6,5% a.a.**

<b>Ano</b>	<b>Gasto anual</b>	<b>Gasto acumulado</b>	<b>Esconomia Acum.</b>
5	-	R\$ 40.241.458,75	-
6	R\$ 7.488.732,49	R\$ 47.730.191,25	R\$ 3.455.072,80
7	R\$ 7.975.500,11	R\$ 55.705.691,35	R\$ 7.134.725,32
8	R\$ 8.493.907,61	R\$ 64.199.598,97	R\$ 11.053.555,26
9	R\$ 9.046.011,61	R\$ 73.245.610,58	R\$ 15.227.109,15
10	R\$ 9.634.002,36	R\$ 82.879.612,94	R\$ 19.671.944,04
11	R\$ 10.260.212,52	R\$ 93.139.825,46	R\$ 24.405.693,20
12	R\$ 10.927.126,33	R\$ 104.066.951,79	R\$ 29.447.136,06
13	R\$ 11.637.389,54	R\$ 115.704.341,33	R\$ 34.816.272,70
14	R\$ 12.393.819,86	R\$ 128.098.161,19	R\$ 40.534.403,22
15	R\$ 13.199.418,15	R\$ 141.297.579,34	R\$ 46.624.212,22

*Fonte: Autoria Própria*

Já para 50% de suprimento por madeira plantada e triturada, a economia será próxima a 29 milhões que convertida pela SELIC para o ano de 2018 (6,5%a.a.), corresponde a aproximadamente R\$20 milhões. Já o custo desse cenário entre os anos 6 e 15 do projeto corresponde a aproximadamente R\$118 milhões que equivale a quase R\$82,5 milhões (Tabela 18).

**Tabela 18: Fluxo de caixa de operação com 50% de suprimento de cavaco para as 5 unidades, corrigido a 6,5% a.a.**

<b>Ano</b>	<b>Gasto Anual</b>	<b>Gasto acumulado</b>	<b>Economia Acum.</b>
5	-	R\$ 27.025.911,72	-
6	R\$ 8.784.384,79	R\$ 35.810.296,51	R\$ 2.159.420,50
7	R\$ 9.355.369,80	R\$ 45.165.666,32	R\$ 4.459.203,33
8	R\$ 9.963.468,84	R\$ 55.129.135,16	R\$ 6.908.472,04
9	R\$ 10.611.094,32	R\$ 65.740.229,48	R\$ 9.516.943,22
10	R\$ 11.300.815,45	R\$ 77.041.044,92	R\$ 12.294.965,03
11	R\$ 12.035.368,45	R\$ 89.076.413,37	R\$ 15.253.558,25
12	R\$ 12.817.667,40	R\$ 101.894.080,78	R\$ 18.404.460,04
13	R\$ 13.650.815,78	R\$ 115.544.896,56	R\$ 21.760.170,43
14	R\$ 14.538.118,81	R\$ 130.083.015,36	R\$ 25.334.002,01
15	R\$ 15.483.096,53	R\$ 145.566.111,89	R\$ 29.140.132,64

*Fonte: Aatoria Própria*

Utilizando a lenha como combustível, por causa de seu poder calorífico ser aproximadamente 30% menor que o do cavaco, implicaria na necessidade direta de aumento da mesma proporção de área plantada e, conseqüentemente, em um maior custo, também na mesma proporção. Por assim dizendo, os custos da utilização da lenha seriam quase 1/3 maiores mesmo antes da necessidade de troca das caldeiras em uso, o que inviabilizaria o projeto.

Com o uso do cavaco, o *payback* para os três cenários de aplicação em todas as unidades não é atingido dentro dos 15 anos de projeto se for considerado a compra de terras, maquinário, depreciação para benefício fiscal e imposto de renda (tabela 19).

**Tabela 19: Análise de Índices Econômicos**

<b>Cenário</b>	<b>Investimento Total</b>	<b>PaybackDescontado</b>	<b>VPL</b>
100%	R\$ 49.051.823	>15 anos	R\$ 31.653.842
80%	R\$ 40.241.459	>15 anos	R\$ 28.402.320
50%	R\$ 27.025.912	>15 anos	R\$ 18.120.033

*Autoria Própria*

Além disso, os valores encontrados foram comparados com o custo de oportunidade do projeto com outros investimentos disponíveis no mercado como a própria SELIC (fixada em 6,5% em 2018) para saber se existem outros investimentos mais atrativos (Tabela 20). Então foi feito o comparativo de rendimento do projeto com outros investimentos que rendam entre 6,5 e 10% ao ano caso seja aplicado o mesmo valor do projeto.

**Tabela 20: Comparativos de rendimento e custo de oportunidade**

<b>Investimento</b>	<b>Valor Inicial</b>	<b>5 Anos</b>	<b>10 Anos</b>	<b>15 Anos</b>
Projeto de 100% de demanda (taxa 6,5%)	R\$42.551.823,44	-	R\$24.589.930,05	R\$58.280.265,28
Projeto de 100% de demanda (taxa 7,5%)	R\$42.551.823,44	-	R\$33.343.660,61	R\$81.212.797,62
Projeto de 100% de demanda (taxa 9%)	R\$42.551.823,44	-	R\$36.820.591,02	R\$93.473.634,40

---

Projeto de 100% de demanda (taxa 10%)	R\$42.551.823,44	-	R\$39.316.180,33	R\$102.635.281,90
Renda fixa - 6,5% a.a.	R\$42.551.823,44	R\$15.747.862,36	R\$37.323.798,56	R\$66.884.700,99
Renda fixa - 7,5% a.a.	R\$42.551.823,44	R\$18.536.822,17	R\$45.148.827,70	R\$83.353.803,26
Renda fixa - 9,0% a.a.	R\$42.551.823,44	R\$22.919.431,43	R\$58.183.817,66	R\$112.442.447,07
Renda fixa - 10% a.a.	R\$42.551.823,44	R\$ 5.978.313,73	R\$67.816.647,77	R\$135.197.703,14

---

*Fonte: Autoria Própria*

Observa-se que mesmo gerando um rendimento considerável, o projeto com cavaco perde se comparado com o custo de oportunidade. Consequentemente, o projeto com o uso de lenha estaria ainda menos viável, uma vez que apresenta custos bem mais elevados do que com a utilização de cavaco. Apesar disso, o projeto deixa aberta a possibilidade da empresa se inserir no mercado de crédito de carbono, que poderia trazer mais rendimento ao projeto. Para que esse valor seja considerado, é importante que seja feito um estudo sobre o mercado de carbono no Brasil e no mundo, a fim de garantir uma otimização dessa renda “extra”.

De qualquer maneira, os valores de economia são consideráveis (Tabela 21) e superiores aos custos de implantação. A atividade também acarretará em benefícios econômicos indiretos, como a valorização das ações da empresa, isso pelo fato da questão ambiental ser uma preocupação cada vez maior dentre os investidores e, uma empresa que se importa em trocar a matriz energética de combustíveis fósseis pela renovável biomassa, muito provavelmente chamará a atenção desses mesmos investidores. Além dos fatores econômicos, vale ressaltar os diversos benefícios ambientais, tais como a não utilização de combustíveis fósseis não renováveis, ter um

balanço nulo de emissão de carbono, redução das emissões de poluentes atmosféricos e até mesmo melhora do microclima local.

**Tabela 21: Gasto da Operação X Economia equivalente à 2018 do Projeto**

<b>Cenário</b>	<b>Gasto total entre os anos 6 e 15 (equivalente à 2018)</b>	<b>Economia acumulada Equivalente à 2018</b>	<b>Economia média por ano</b>
<b>Suprimento de 100% da demanda</b>	R\$89.400.067,53	R\$40.552.497,60	R\$2.703.499,84
<b>Suprimento de 80% da demanda</b>	R\$101.056.120,59	R\$32.441.998,08	R\$2.162.799,87
<b>Suprimento de 50% da demanda</b>	R\$118.540.200,17	R\$20.276.248,80	R\$1.351.749,92
<b>Não aplicação do Projeto</b>	<b>R\$147.680.332,81</b>	-	-

*Fonte: Autoria Própria*

Por fim, resolveu-se analisar as unidades separadamente, a fim de se ter uma melhor visão da viabilidade do projeto, uma vez que ao analisá-las, em conjunto, não implicou em uma viabilidade do projeto. Cada unidade possui certa singularidade a ser explicitada e por isso, a importância de se analisar cada uma individualmente. Nessa análise foi considerado o desconto de imposto de renda (IR) e depreciação para benefício fiscal proveniente do capital de terceiros. O IR foi considerado como 34%, 25% (15%+10%) do imposto de renda para pessoa jurídica (BRASIL, 2018) e 9% de contribuição social (valor adicional utilizado pela empresa em estudos de viabilidade econômica). Esse cálculo foi realizado inicialmente sem correção (taxa de 0%) como

normalmente é realizado em estudos de viabilidade internos e então foi considerado a correção com a taxa de 6,5%, próximo da poupança como indica LEMOS (2014, p.43).

Assim dizendo, a unidade 2 fora descartada, pois o resto de alimento para os porcos (sabugo de milho) são utilizadas no processo de fomento energético das caldeiras, reduzindo muito o custo médio de compra do cavaco na região e com isso, o projeto obteve paybacks superiores a 20 anos. Para a unidade 3(Goiás), nenhum cenário proposto se mostrou viável, apenas em cenários muito otimistas não condizentes com a realidade. Observou-se paybacks descontados um pouco maiores do que o tempo de projeto (15 anos), contudo vale ressaltar que o projeto é viável se for considerado um tempo superior a 15 anos e, considerando a autossuficiência da produção de madeira, ocasionalmente a economia proveniente da atividade traria retornos reais com a parada de compra de combustíveis de terceiros e autossuficiência energética da unidade. Isso se deu, provavelmente, pelo fato de a unidade já utilizar o cavaco como fonte de energia e seu preço ser consideravelmente menor do que do óleo BPF.

Na unidade 1, o projeto não se mostrou viável no cenário mais conservador (com correção de 0% e 6,5%a.a.), provavelmente pelo fato de o cavaco adquirido pela empresa ser proveniente do polo moveleiro de Ubá, que possui um preço bem abaixo do mercado devido a sua baixa qualidade. Já no cenário mais otimista considerado (10% de correção), a unidade 1 gastaria com combustíveis, no caso da não aplicação do projeto, aproximadamente R\$ 76 milhões em 15 anos. Nesse caso, a aplicação do projeto poderia gerar uma redução de gastos de quase R\$ 20 milhões no cenário de 100%, R\$ 18 milhões no cenário de 80% e R\$ 17 milhões no cenário de 50% (Tabela 22).

Vale ressaltar que o tempo para o retorno sobre o investimento é alto, mesmo no cenário mais otimista, contudo a unidade 1 começará, em 2019, a vender vapor para uma outra indústria próxima e, quando isso ocorrer, deverá ser feito outro estudo isolado a fim de analisar uma nova viabilidade do projeto.

**Tabela 22: Explicitação de dados da Unidade 1 com correção de 10%**

<b>Unidade 1 (10%)</b>	<b>Despesas Implan.</b>	<b>Despesas OP</b>	<b>Ganhos</b>	<b>ROI</b>
<b>100% de demanda suprida</b>	R\$ 14.454.315	R\$56.613.906	R\$19.498.979	14 anos
<b>80% de demanda suprida</b>	R\$ 11.563.452	R\$7.588.675	R\$18.524.210	14,5 anos
<b>50% de demanda suprida</b>	R\$ 7.227.157	R\$59.050.829	R\$17.062.056	14,7 anos
<b>Não aplicação do Projeto</b>	-	<b>R\$76.122.886</b>	-	

*Fonte: Autoria Própria*

A unidade 4 é a que se mostrou mais viável de todas, pois sozinha gastaria entre R\$ 55 milhões (correção de 6,5%) – R\$ 72 milhões (correção de 10%) ao longo dos 15 anos de projeto com combustíveis se o mesmo não fosse aplicado. Em contraponto caso o projeto fosse aplicado poderia ocorrer uma redução de gastos entre R\$ 55 milhões (10% de correção) e R\$ 40 milhões (6,5% de correção). Considerando imposto de renda e depreciação para benefício fiscal como é normalmente feito pela empresa, essa redução de gastos se encontraria entre R\$ 33 milhões (10% de correção) e R\$ 23 milhões (6,5% de correção). Um fator interessante nesta unidade é que mesmo sem nenhuma correção, o projeto apresenta um retorno mínimo de 12 anos e uma redução de gastos de até R\$ 21 milhões, contudo não apresenta viabilidade no cenário de 50% (Tabela 23, 24 e 25).

**Tabela 23: Dados da Unidade 4 no Cenário de 100% sem correção**

<b>Ano</b>	<b>Gasto Operacional</b>	<b>Gasto acumulado</b>	<b>Economia Acum.</b>
5	-	R\$ 4.527.547,50	-
6	R\$179.266,76	R\$ 4.706.814,26	R\$ 2.172.733,24
7	R\$179.266,76	R\$ 4.886.081,03	R\$ 4.345.466,48
8	R\$179.266,76	R\$ 5.065.347,79	R\$ 6.518.199,71
9	R\$179.266,76	R\$ 5.244.614,55	R\$ 8.690.932,95
10	R\$179.266,76	R\$ 5.423.881,31	R\$ 10.863.666,19
11	R\$179.266,76	R\$ 5.603.148,07	R\$ 13.036.399,43
12	R\$179.266,76	R\$ 5.782.414,84	R\$ 15.209.132,67
13	R\$179.266,76	R\$ 5.961.681,60	R\$ 17.381.865,91
14	R\$179.266,76	R\$ 6.140.948,36	R\$ 19.554.599,14
15	R\$179.266,76	R\$ 6.320.215,12	R\$ 21.727.332,38
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 1.792.667,62</b>		

Fonte: Autoria própria

**Tabela 24: Dados da Unidade 4 no Cenário de 80% sem correção**

<b>Ano</b>	<b>Gasto Operacional</b>	<b>Gasto acumulado</b>	<b>Economia Acum.</b>
5	-	R\$ 3.962.038,00	-
6	R\$ 613.813,41	R\$ 4.575.851,41	R\$ 1.738.186,59
7	R\$ 613.813,41	R\$ 5.189.664,82	R\$ 3.476.373,18
8	R\$ 613.813,41	R\$ 5.803.478,23	R\$ 5.214.559,77
9	R\$ 613.813,41	R\$ 6.417.291,64	R\$ 6.952.746,36
10	R\$ 613.813,41	R\$ 7.031.105,05	R\$ 8.690.932,95
11	R\$ 613.813,41	R\$ 7.644.918,46	R\$ 10.429.119,54
12	R\$ 613.813,41	R\$ 8.258.731,87	R\$ 12.167.306,13
13	R\$ 613.813,41	R\$ 8.872.545,28	R\$ 13.905.492,72
14	R\$ 613.813,41	R\$ 9.486.358,69	R\$ 15.643.679,32
15	R\$ 613.813,41	R\$ 10.100.172,10	R\$ 17.381.865,91
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 6.138.134,09</b>		

Fonte: Autoria Própria

**Tabela 25: Dados da Unidade 4 no Cenário de 50% sem correção**

<b>Ano</b>	<b>Gasto Operacional</b>	<b>Gasto acumulado</b>	<b>Economia Acum.</b>
5	-	R\$ 2.988.773,75	-
6	R\$ 1.265.633,38	R\$ 4.254.407,13	R\$1.086.366,62
7	R\$ 1.265.633,38	R\$ 5.520.040,51	R\$ 2.172.733,24
8	R\$ 1.265.633,38	R\$ 6.785.673,89	R\$ 3.259.099,86
9	R\$ 1.265.633,38	R\$ 8.051.307,28	R\$ 4.345.466,48
10	R\$ 1.265.633,38	R\$ 9.316.940,66	R\$ 5.431.833,10
11	R\$ 1.265.633,38	R\$ 10.582.574,04	R\$ 6.518.199,71
12	R\$ 1.265.633,38	R\$ 11.848.207,42	R\$ 7.604.566,33
13	R\$ 1.265.633,38	R\$ 13.113.840,80	R\$ 8.690.932,95
14	R\$ 1.265.633,38	R\$ 14.379.474,18	R\$ 9.777.299,57
15	R\$ 1.265.633,38	R\$ 15.645.107,56	R\$ 10.863.666,19
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 12.656.333,81</b>		

Fonte: Aatoria Própria

Sem correção, a unidade 4 se mostrou viável em 2 cenários, com suprimentos de 100% e 80% após o desconto do imposto de renda (34%) e a depreciação para o benefício fiscal do uso de capital de terceiros. Já o cenário de 50% chegou próximo da viabilização, porém não atingindo um VPL decente para o período de 15 anos. Enquanto isso, os cenários de 100% e 80% atingiram respectivamente VPL's de R\$ 1.082.631,00 e R\$ 554.242,00, com paybacks descontados de 12,1 anos e 13,1 anos respectivamente.

Utilizando taxa de correção de 6,5% segundo Lemos (2014, p.43), os 3 cenários se mostraram viáveis, com economia acumulada variando entre 20 e 40 milhões de reais (Tabela 26, 27 e 28)

**Tabela 26: Dados da unidade 4 no cenário de 100% com 6,5% de correção**

<b>Ano</b>	<b>Gasto Operacional</b>	<b>Gasto acumulado</b>	<b>Economia Acum.</b>
5	-	R\$ 4.527.547,50	-
6	R\$ 245.611,00	R\$ 4.773.158,50	R\$ 2.976.832,83
7	R\$ 261.575,71	R\$ 5.034.734,22	R\$ 6.147.159,80
8	R\$ 278.578,14	R\$ 5.313.312,35	R\$ 9.523.558,02
9	R\$ 296.685,71	R\$ 5.609.998,07	R\$ 13.119.422,12
10	R\$ 315.970,29	R\$ 5.925.968,35	R\$ 16.949.017,40
11	R\$ 336.508,35	R\$ 6.262.476,71	R\$ 21.027.536,36
12	R\$ 358.381,40	R\$ 6.620.858,11	R\$ 25.371.159,05
13	R\$ 381.676,19	R\$ 7.002.534,29	R\$ 29.997.117,23
14	R\$ 406.485,14	R\$ 7.409.019,44	R\$ 34.923.762,68
15	R\$ 432.906,68	R\$ 7.841.926,11	R\$ 40.170.640,09
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 3.314.378,61</b>		

Fonte: Aatoria Própria

**Tabela 27: Dados da unidade 4 no cenário de 80% com 6,5% de correção**

<b>Ano</b>	<b>Gasto Operacional</b>	<b>Gasto acumulado</b>	<b>Economia Acum.</b>
5	-	R\$ 3.962.038,00	-
6	R\$ 840.977,57	R\$ 4.803.015,57	R\$ 2.381.466,27
7	R\$ 895.641,11	R\$ 5.698.656,68	R\$ 4.917.727,84
8	R\$ 953.857,78	R\$ 6.652.514,46	R\$ 7.618.846,42
9	R\$ 1.015.858,54	R\$ 7.668.372,99	R\$ 10.495.537,70
10	R\$ 1.081.889,34	R\$ 8.750.262,33	R\$ 13.559.213,92
11	R\$ 1.152.212,15	R\$ 9.902.474,48	R\$ 16.822.029,09
12	R\$ 1.227.105,94	R\$ 11.129.580,42	R\$ 20.296.927,24
13	R\$ 1.306.867,82	R\$ 12.436.448,24	R\$ 23.997.693,78
14	R\$ 1.391.814,23	R\$ 13.828.262,47	R\$ 27.939.010,14
15	R\$ 1.482.282,16	R\$ 15.310.544,63	R\$ 32.136.512,07
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 11.348.506,62</b>		

Fonte: Aatoria Própria

**Tabela 28: Dados da unidade 4 no cenário de 50% com 6,5% de correção**

<b>Ano</b>	<b>Gasto Operacional</b>	<b>Gasto acumulado</b>	<b>Economia Acum.</b>
5	-	R\$ 2.988.773,75	-
6	R\$ 1.734.027,42	R\$ 4.722.801,17	R\$ 1.488.416,42
7	R\$ 1.846.739,20	R\$ 6.569.540,37	R\$ 3.073.579,90
8	R\$ 1.966.777,25	R\$ 8.536.317,61	R\$ 4.761.779,01
9	R\$ 2.094.617,77	R\$ 10.630.935,38	R\$ 6.559.711,06
10	R\$ 2.230.767,92	R\$ 12.861.703,30	R\$ 8.474.508,70
11	R\$ 2.375.767,84	R\$ 15.237.471,14	R\$ 10.513.768,18
12	R\$ 2.530.192,75	R\$ 17.767.663,88	R\$ 12.685.579,53
13	R\$ 2.694.655,27	R\$ 20.462.319,16	R\$ 14.998.558,61
14	R\$ 2.869.807,87	R\$ 23.332.127,02	R\$ 17.461.881,34
15	R\$ 3.056.345,38	R\$ 26.388.472,40	R\$ 20.085.320,04
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 23.399.698,65</b>		

Fonte: Aatoria Própria

Com correção de 6,5%a.a., a unidade 4 se mostrou viável nos 3 cenários, mesmo após o desconto do imposto de renda (34%) e a depreciação para o benefício fiscal do uso de capital de terceiros. Os cenários de 100%, 80% e 50% apresentaram respectivamente VPL's de R\$ 5.041.042,00, R\$ 3.720.970,00 e R\$ 1.855.518,00. Os paybacks descontados foram, também respectivamente, 9,3 anos, 9,7 anos e 10,7 anos.

A fim de se ter um cenário mais otimista, também foi considerado uma taxa de correção de 10%a.a., chegando a valores de economia acumulada da ordem de R\$ 27 milhões até R\$ 55 milhões conforme mostram as Tabelas 29, 30 e 31:

**Tabela 29: Dados da unidade 4 no cenário de 100% com 10% a.a.**

<b>Ano</b>	<b>Gasto Operacional</b>	<b>Gasto acumulado</b>	<b>Economia Acum.</b>
5	-	R\$ 4.527.547,50	-
6	R\$ 288.710,91	R\$ 4.816.258,42	R\$ 3.499.208,61
7	R\$ 317.582,00	R\$ 5.133.840,42	R\$ 7.348.338,08
8	R\$ 49.340,20	R\$ 5.483.180,62	R\$ 11.582.380,49
9	R\$ 384.274,22	R\$ 5.867.454,85	R\$ 16.239.827,15
10	R\$ 422.701,65	R\$ 6.290.156,49	R\$ 21.363.018,47
11	R\$ 464.971,81	R\$ 6.755.128,31	R\$ 26.998.528,92
12	R\$ 511.468,99	R\$ 7.266.597,30	R\$ 33.197.590,42
13	R\$ 562.615,89	R\$ 7.829.213,19	R\$ 40.016.558,07
14	R\$ 618.877,48	R\$ 8.448.090,67	R\$ 47.517.422,49
15	R\$ 680.765,23	R\$ 9.128.855,90	R\$ 55.768.373,35
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 4.601.308,40</b>		

Fonte: Aatoria Própria

**Tabela 30: Dados da unidade 4 no cenário de 80% com correção de 10% a.a.**

<b>Ano</b>	<b>Gasto Operacional</b>	<b>Gasto acumulado</b>	<b>Economia Acum.</b>
5	-	R\$ 3.962.038,00	-
6	R\$ 988.552,63	R\$ 4.950.590,64	R\$ 2.799.366,89
7	R\$ 1.087.407,90	R\$ 6.037.998,53	R\$ 5.878.670,46
8	R\$ 1.196.148,69	R\$ 7.234.147,22	R\$ 9.265.904,39
9	R\$ 1.315.763,56	R\$ 8.549.910,78	R\$ 12.991.861,72
10	R\$ 1.447.339,91	R\$ 9.997.250,69	R\$ 17.090.414,78
11	R\$ 1.592.073,90	R\$ 11.589.324,59	R\$ 21.598.823,14
12	R\$ 1.751.281,29	R\$ 13.340.605,88	R\$ 26.558.072,34
13	R\$ 1.926.409,42	R\$ 15.267.015,31	R\$ 32.013.246,46
14	R\$ 2.119.050,36	R\$ 17.386.065,67	R\$ 38.013.937,99
15	R\$ 2.330.955,40	R\$ 19.717.021,07	R\$ 44.614.698,68
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 15.754.983,07</b>		

Fonte: Autoria Própria

**Tabela 31: Dados da Unidade 4 no Cenário de 50% com correção de 10% a.a.**

<b>Ano</b>	<b>Gasto Operacional</b>	<b>Gasto acumulado</b>	<b>Economia Acum.</b>
5	-	R\$ 2.988.773,75	-
6	R\$ 2.038.315,22	R\$ 5.027.088,97	R\$ 1.749.604,30
7	R\$ 2.242.146,74	R\$ 7.269.235,71	R\$ 3.674.169,04
8	R\$ 2.466.361,41	R\$ 9.735.597,12	R\$ 5.791.190,25
9	R\$ 2.712.997,55	R\$ 12.448.594,67	R\$ 8.119.913,57
10	R\$ 2.984.297,31	R\$ 15.432.891,98	R\$ 10.681.509,24
11	R\$ 3.282.727,04	R\$ 18.715.619,02	R\$ 13.499.264,46
12	R\$ 3.610.999,74	R\$ 22.326.618,76	R\$ 16.598.795,21
13	R\$ 3.972.099,72	R\$ 26.298.718,48	R\$ 20.008.279,04
14	R\$ 4.369.309,69	R\$ 30.668.028,17	R\$ 23.758.711,24
15	R\$ 4.806.240,66	R\$ 35.474.268,82	R\$ 27.884.186,67
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 32.485.495,07</b>		

Fonte: Autoria Própria

Com correção de 10%a.a., a unidade 4 se mostrou bastante viável nos 3 cenários após o desconto do imposto de renda (34%) e a depreciação para o benefício fiscal do uso de capital de terceiros. Os cenários de 100%, 80% e 50% apresentaram respectivamente VPL's de R\$ 8.278.352,00, R\$ 6.310.818,00 e R\$ 3.474.173,00. Os paybacks descontados foram respectivamente de 8,5 anos, 8,8 anos e 9,5 anos.

A unidade 5 possui uma particularidade semelhante à da unidade 2. No caso, essa unidade utiliza o óleo tridecâter proveniente do seu tratamento de esgoto para o fomento

energético das caldeiras e, provavelmente por esse motivo, não apresenta valores tão promissores quanto os da unidade 4, que também utiliza apenas o óleo BPF como combustível nas caldeiras.

Sendo assim, considerando um cenário com 6,5% de correção, a unidade 5 gastaria aproximadamente R\$ 20 milhões com combustíveis caso o projeto não fosse aplicado, logo o projeto poderia acarretar uma economia entre 7 e 14 milhões de reais (Tabelas 32, 33 e 34)

**Tabela 32: Dados da Unidade 5 no Cenário de 100% com 6,5% de correção**

<b>Ano</b>	<b>Gasto Operacional</b>	<b>Gasto acumulado</b>	<b>Economia Acum.</b>
5	-	R\$ 2.717.013,07	-
6	R\$ 96.063,79	R\$ 2.813.076,87	R\$ 1.063.029,52
7	R\$ 102.307,94	R\$ 2.915.384,81	R\$ 2.195.155,97
8	R\$ 108.957,96	R\$ 3.024.342,76	R\$ 3.400.870,63
9	R\$ 116.040,22	R\$ 3.140.382,99	R\$ 4.684.956,74
10	R\$ 123.582,84	R\$ 3.263.965,82	R\$ 6.052.508,45
11	R\$ 131.615,72	R\$ 3.395.581,55	R\$ 7.508.951,03
12	R\$ 140.170,74	R\$ 3.535.752,29	R\$ 9.060.062,37
13	R\$ 149.281,84	R\$ 3.685.034,13	R\$ 10.711.995,95
14	R\$ 158.985,16	R\$ 3.844.019,30	R\$ 12.471.305,21
15	R\$ 169.319,20	R\$ 4.013.338,49	R\$ 14.344.969,57
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 1.296.325,42</b>		

Fonte: Autoria Própria

**Tabela 33: Dados da Unidade 5 no Cenário de 80% com 6,5% de correção**

<b>Ano</b>	<b>Gasto Operacional</b>	<b>Gasto acumulado</b>	<b>Economia Acum.</b>
5	-	R\$ 2.593.610,46	-
6	R\$ 308.669,70	R\$ 2.902.280,16	R\$ 850.423,62
7	R\$ 328.733,23	R\$ 3.231.013,39	R\$ 1.756.124,77
8	R\$ 350.100,89	R\$ 3.581.114,27	R\$ 2.720.696,50
9	R\$ 372.857,45	R\$ 3.953.971,72	R\$ 3.747.965,39
10	R\$ 397.093,18	R\$ 4.351.064,90	R\$ 4.842.006,76
11	R\$ 422.904,24	R\$ 4.773.969,14	R\$ 6.007.160,82
12	R\$ 450.393,01	R\$ 5.224.362,15	R\$ 7.248.049,89
13	R\$ 479.668,56	R\$ 5.704.030,71	R\$ 8.569.596,76
14	R\$ 510.847,01	R\$ 6.214.877,72	R\$ 9.977.044,17
15	R\$ 544.052,07	R\$ 6.758.929,79	R\$ 11.475.975,66
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 4.165.319,33</b>		

Fonte: Autoria Própria

**Tabela 34: Dados da Unidade 5 no Cenário de 50% com 6,5% de correção**

<b>Ano</b>	<b>Gasto Operacional</b>	<b>Gasto acumulado</b>	<b>Economia Acum.</b>
5	-	R\$ 2.408.506,54	-
6	R\$ 627.578,56	R\$ 3.036.085,09	R\$ 531.514,76
7	R\$ 668.371,16	R\$ 3.704.456,25	R\$ 1.097.577,98
8	R\$ 711.815,29	R\$ 4.416.271,54	R\$ 1.700.435,31
9	R\$ 758.083,28	R\$ 5.174.354,82	R\$ 2.342.478,37
10	R\$ 807.358,69	R\$ 5.981.713,51	R\$ 3.026.254,23
11	R\$ 859.837,01	R\$ 6.841.550,52	R\$ 3.754.475,51
12	R\$ 915.726,41	R\$ 7.757.276,94	R\$ 4.530.031,18
13	R\$ 975.248,63	R\$ 8.732.525,57	R\$ 5.355.997,97
14	R\$ 1.038.639,79	R\$ 9.771.165,36	R\$ 6.235.652,60
15	R\$ 1.106.151,38	R\$ 10.877.316,74	R\$ 7.172.484,78
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 8.468.810,20</b>		

Fonte: Aatoria Própria

Com uma taxa de correção de 6,5%, a unidade 5 se mostrou viável em 2 cenários, o de 100% e 80% após o desconto do imposto de renda (34%) e a depreciação para o benefício fiscal do uso de capital de terceiros. Já o cenário de 50% apresentou economia acumulada inferior ao gasto total de projeto e, conseqüentemente VPL negativo e retorno sobre o investimento superior ao tempo de projeto. Já os cenários de 100% e 80% apresentaram VPL's respectivos de R\$ 790.987,00 e R\$ 247.547,00 com paybacks descontados de 12,4 anos e 13,9 anos.

Já em um cenário mais otimista, com correção de 10% ao ano, os 3 cenários foram viabilizados (Tabelas 35, 36 e 37).

**Tabela 35: Dados da Unidade 5 no cenário de 100% com 10% de correção**

<b>Ano</b>	<b>Gasto Operacional</b>	<b>Gasto acumulado</b>	<b>Economia Acum.</b>
5	-	R\$ 2.717.013,07	-
6	R\$ 112.921,11	R\$ 2.829.934,18	R\$ 1.249.570,35
7	R\$ 124.213,22	R\$ 2.954.147,39	R\$ 2.624.097,75
8	R\$ 136.634,54	R\$ 3.090.781,93	R\$ 4.136.077,87
9	R\$ 150.297,99	R\$ 3.241.079,92	R\$ 5.799.256,02
10	R\$ 165.327,79	R\$ 3.406.407,71	R\$ 7.628.751,97
11	R\$ 181.860,57	R\$ 3.588.268,28	R\$ 9.641.197,53
12	R\$ 200.046,63	R\$ 3.788.314,91	R\$ 11.854.887,63
13	R\$ 220.051,29	R\$ 4.008.366,19	R\$ 14.289.946,75
14	R\$ 242.056,42	R\$ 4.250.422,61	R\$ 16.968.511,78
15	R\$ 266.262,06	R\$ 4.516.684,67	R\$ 19.914.933,32
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 1.799.671,60</b>		

Fonte: Aatoria Própria

**Tabela 36: Dados da Unidade 5 no cenário de 80% com 10% de correção**

<b>Ano</b>	<b>Gasto Operacional</b>	<b>Gasto acumulado</b>	<b>Economia Acum.</b>
5	-	R\$ 2.593.610,46	-
6	R\$ 362.835,18	R\$ 2.956.445,63	R\$ 999.656,28
7	R\$ 399.118,69	R\$ 3.355.564,33	R\$ 2.099.278,20
8	R\$ 439.030,56	R\$ 3.794.594,89	R\$ 3.308.862,30
9	R\$ 482.933,62	R\$ 4.277.528,51	R\$ 4.639.404,81
10	R\$ 531.226,98	R\$ 4.808.755,49	R\$ 6.103.001,58
11	R\$ 584.349,68	R\$ 5.393.105,17	R\$ 7.712.958,02
12	R\$ 642.784,65	R\$ 6.035.889,82	R\$ 9.483.910,11
13	R\$ 707.063,11	R\$ 6.742.952,93	R\$ 11.431.957,40
14	R\$ 777.769,42	R\$ 7.520.722,35	R\$ 13.574.809,43
15	R\$ 855.546,37	R\$ 8.376.268,72	R\$ 15.931.946,65
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 5.782.658,26</b>		

Fonte: Aatoria Própria

**Tabela 37: Dados da Unidade 5 no cenário de 50% com 10% de correção**

<b>Ano</b>	<b>Gasto Operacional</b>	<b>Gasto acumulado</b>	<b>Economia Acum.</b>
5	-	R\$ 2.408.506,54	-
6	R\$ 737.706,28	R\$ 3.146.212,82	R\$ 624.785,18
7	R\$ 811.476,91	R\$ 3.957.689,73	R\$ 1.312.048,87
8	R\$ 892.624,60	R\$ 4.850.314,33	R\$ 2.068.038,94
9	R\$ 981.887,06	R\$ 5.832.201,39	R\$ 2.899.628,01
10	R\$ 1.080.075,77	R\$ 6.912.277,16	R\$ 3.814.375,99
11	R\$ 1.188.083,35	R\$ 8.100.360,51	R\$ 4.820.598,76
12	R\$ 1.306.891,68	R\$ 9.407.252,19	R\$ 5.927.443,82
13	R\$ 1.437.580,85	R\$ 10.844.833,03	R\$ 7.144.973,38
14	R\$ 1.581.338,93	R\$ 12.426.171,97	R\$ 8.484.255,89
15	R\$ 1.739.472,83	R\$ 14.165.644,79	R\$ 9.957.466,66
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 11.757.138,26</b>		

Fonte: Aatoria Própria

Com uma taxa de correção de 10%, o estudo se mostrou viável para os 3 cenários mesmo após o desconto do imposto de renda (34%) e a depreciação para o benefício fiscal do uso de capital de terceiros. Os VPL's foram, respectivamente para os cenários de 100%, 80% e 50%, R\$1.947.033,00, R\$1.172.384,00 e R\$10.410,00. Já os paybacks foram de 10,7 anos, 11,8 anos e 15,0 anos. Vale a observação que o cenário de 50% se mostrou viável no limite do tempo de projeto, devendo, portanto, se ter maior cautela antes de aplicá-lo.

A fim de se ter um panorama de benefícios ambientais, foi calculado a quantidade equivalente de GEE's em quilogramas para o consumo de óleo BPF da empresa e o quanto seria emitido se essa mesma quantidade fosse substituída pela combustão de madeira (Ben, 2012). O cálculo da quantidade emitida pelo óleo BPF foi dividida em cenários de 100%, 80% e 50% de demanda entre as unidades 1, 4 e 5, as quais utilizam o óleo combustível (Tabela 38), para que pudesse ser comparado com os diferentes cenários do projeto.

**Tabela 38: Quantidade em Kg de GEE emitidos pelas unidades que utilizam óleo BPF**

<b>Unidade</b>	<b>Emissão de GEE de 100% da demanda (kg)</b>	<b>Emissão de GEE de 80% da demanda (kg)</b>	<b>Emissão de GEE de 50% da demanda (kg)</b>
1	1.559.812,31	1.247.849,85	779.906,16
3	2.374.252,32	1.899.401,86	1.187.126,16
4	1.057.973,54	846.378,83	528.986,77

*Fonte: Aatoria própria*

Com os valores calculados da emissão do óleo BPF, foi calculado os valores de quanto a queima de madeira para suprir a mesma demanda energética (Tabela 39) e, com isso, pode ser comparado os valores entre as duas matrizes energéticas.

**Tabela 39: Quantidade em Kg de GEE emitidos em caso da substituição do óleo BPF por cavaco**

<b>Unidade</b>	<b>Emissão de Gee de 100% da demanda</b>	<b>Emissão de Gee de 100% da demanda</b>	<b>Emissão de Gee de 100% da demanda</b>
1	152.991,93	122.393,55	76.495,97
4	232.875,10	186.300,08	116.437,55
5	103.769,80	83.015,84	51.884,90

*Fonte: Aatoria Própria*

Notou-se uma diferença considerável na emissão de GEE's entre as matrizes energéticas, sendo que a madeira possui um potencial de emissão próximo de 150mil Kg enquanto o óleo possui uma potencial emissão próximo de 1,5 milhões de Kg. Portanto o projeto comprovou essa boa perspectiva ambiental, com possível redução de até 90% das emissões atmosféricas nas unidades que possuem o óleo BPF como combustível. Contudo, ressaltando-se o balanço nulo da emissão de carbono, deve-se desconsiderar a quantificação de CO<sub>2</sub> no cálculo de emissão de GEE's chegando a reduções ainda maiores (Tabela 40)

**Tabela 40: Quantidade em Kg de GEE emitidos em caso da substituição do óleo BPF por cavaco – Sem CO<sub>2</sub>**

<b>Unidade</b>	<b>Emissão de Gee de 100% da demanda</b>	<b>Emissão de Gee de 100% da demanda</b>	<b>Emissão de Gee de 100% da demanda</b>
1	150.887,50	120.710,00	75.443,75
4	229.671,87	183.737,50	114.835,93
5	102.342,43	81.873,95	51.171,22

*Fonte: Autoria Própria*

## 6-CONCLUSÕES

Os custos dos projetos de substituição do óleo BPF por biomassa florestal levantados foram elevados, variando entre valores próximos de 21 e 42 milhões de reais dentre os cenários considerados, mas inferiores ao custo com aquisição de combustíveis provenientes de terceiros para as caldeiras de todas as unidades selecionadas.

Evidenciou-se que é possível, do ponto de vista técnico, realizar a substituição do óleo BPF por biomassa florestal. Ademais, os resultados demonstraram retornos financeiros positivos para todas as unidades avaliadas.

Por outro lado, ao considerar-se gastos com imposto de renda e depreciação para benefícios fiscais, observou-se que apenas a unidade 4 mostrou-se viável do ponto de vista econômico em todos os cenários avaliados e considerando diferentes taxas de desconto. As unidades 2 e 3 não se mostraram viáveis, a 2 provavelmente pelo fato de utilizar restos de sabugo de milho para o fomento da caldeira, reduzindo consideravelmente o valor médio do cavaco adquirido de terceiros e a unidade 3 não se mostrou viável em nenhum cenário provavelmente pelo fato de adquirir o cavaco de terceiros por um preço abaixo da média comprada no estado de Minas Gerais.

Já a unidade 1, não se mostrou viável em cenários mais conservadores, provavelmente pelo fato do cavaco fornecido a essa unidade ser resíduo da indústria noveleira de Viçosa, sendo um cavaco de preço muito inferior ao da média do mercado. Contudo em um cenário mais otimistas (10% de correção) a unidade 1 gastaria valores próximos de 76 milhões de reais caso não aplicasse o projeto e, esse valor pode cair em mais de 20 milhões de reais no cenário de 100%, 18 milhões no cenário de 80% e 17 milhões no cenário de 50%. Porém esses valores não são muito promissores, pois o retorno sobre o investimento inicial será pequeno e ocorrerá no limite de tempo do projeto. Essa unidade está prevista para vender vapor para uma indústria próxima a partir de 2019, então é importante refazer esse estudo após a contabilização dessa venda.

Tendo em vista esses resultados, recomenda-se a aplicação do projeto na unidade 4, aplicando o cenário de 100%. Esse mostrou os maiores ganhos financeiros reais, da

ordem de 8 milhões de reais e o menor tempo de retorno sobre o investimento, próximo de 8 anos e meio de projeto.

Por outro lado, destaca-se que a mudança traz benefícios ambientais como redução da emissão de gases de efeito estufa e redução da poluição, além de ganhos econômicos indiretos como valorização da imagem da empresa frente a investidores e bancos, bem como para outras partes interessadas. Cálculos propostos por Ben (2012) mostraram possível redução das emissões atmosféricas em até 90% no caso da substituição do óleo BPF pela madeira. Além disso pode ser considerado também como ponto positivo o uso de uma fonte de energia completamente renovável e a possibilidade de futuramente a empresa entrar no mercado de crédito de carbono, o que traria mais uma forma de renda.

Vale ressaltar que o projeto possui uma boa rentabilidade nas duas unidades que utilizam unicamente o óleo BPF e deve ser analisada a possibilidade da contratação de uma consultoria para a realização do mesmo. É importante realizar um estudo que otimize a quantidade de área a ser plantada e a relação com o tempo de retorno esperado, pois com um investimento inicial menor seria possível a obtenção de retornos financeiros em um prazo menor.

Por fim o projeto atende também a alguns Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos pela ONU em sua agenda 2030, como o uso de energia limpa e acessível, consumo e produções sustentáveis e ações contra a mudança global do clima. Esse fator é crucial para uma empresa que pretende abrir seu capital nos próximos anos, uma vez que mostrará aos investidores que está crescendo em paralelo com as ideias de sustentabilidade e rentabilidade.

## 8-BIBLIOGRAFIA

ABIA, Associação Brasileira das indústrias Alimentícias. **Faturamento 2017**. Disponível em <https://www.abia.org.br/vsn/anexos/faturamento2017.pdf> Acessado em 29/08/2018

ADETEC, Caldeiras e Aquecedores. **CATÁLOGO DE CALORIMETRIA DE COMBUSTÍVEIS DE CALDEIRAS**. São Paulo, 2018. Disponível em <http://adotec.ind.br/consumo.asp> . Acessado em 23/03/2018

ALVES, Rejane Costa; OLIVEIRA, Ana Lucia C.; CARRASCO, Edgar Vladimiro Mantilla. **Propriedades Físicas da Madeira de Eucalyptus cloeziana F. Muell.** UFMG – Belo Horizonte/MG – 5 de abril de 2016. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/floram/v24/2179-8087-floram-2179-8087015312.pdf> Acessado em 10/05/2018

BEN (2012). Ministério de Minas e Energia. Balanço Energético Nacional 2012 (ano base 2011). Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/default.aspx> Acessado em 12/11/2018

BCB. Banco Central do Brasil – **Mercado de Títulos Públicos, Taxa SELIC** – 23/04/2018. Disponível em <http://www.bcb.gov.br/htms/selic/selicdiarios.asp> . Acessado em 24/04/2018

BRASIL. Lei 12.651 de 25 de Março de 2012. **Código Florestal Brasileiro**, Brasília 25 de mar. De 2012. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm) Acessado em 24/09/2018

BRASIL, Receita Federal. **Imposto sobre a Renda de Pessoas Jurídicas**. Ministério da Fazenda. 10/07/2015 modificado em 22/05/2018. Disponível em <http://idg.receita.fazenda.gov.br/aceso-rapido/tributos/IRPJ> Acessado em 09/08/2018

CASAROTTO FILHO, N. C.; KOPITTKKE, B. H. **Análise de Investimentos**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

CETESB. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Guia Técnico Ambiental de Abate (bovino e Suíno) – Serie P+L**. São Paulo: CETESB, agosto. 2010 - Disponível em <http://cetesb.sp.gov.br/consumosustentavel/documentos/> e acessado em 23/03/2018

CORREIA, Mauricio Stefano Costa, BRAZ, Gisele figueiredo, HENRIQUES, José Jacinto Costa. **Estudo das Análises Financeiras do Projeto de Troca de Matriz Energética - Óleo BPF 1A para Cavaco (biomassa) na Indústria Têxtil**. Salvador – BA, Outubro, 2013

COSTA, Fábio J. C. Leal - **Introdução à administração de materiais em sistemas informatizados**. São Paulo: iEditora, 2002. P.81

EMATERMG – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais. **Relatório de Valores de Terra Nua por Município – 2018**. Disponível em <http://www.emater.mg.gov.br/doc/site/Valor%20Terra%20Nua/RELAT%C3%93RIO%20FINANCIAL%202018.pdf> Acessado em 25/09/2018

EMBRAPA. A INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS NO BRASIL: PASSADO, PRESENTE E FUTURO. **Circular Técnica n° 102 – Juiz de Fora:Dezembro de 2010** – Disponível em <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/870411/1/CT102.pdf> . Acessado em 08/03/2018

ENDEAVOR, Brasil. **Seus investimentos estão valendo a pena? A resposta pode estar no ROI**. Publicação de 27/08/2015 disponível em <https://endeavor.org.br/roi/> Acessado em 16/04/2018

FAEMG - Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Minas Gerais. **Minas é líder em Floresta Plantada.** 19 de Jun. de 2017. Disponível em: <http://www.sistemafaemg.org.br/Noticia.aspx?Code=13606&Portal=1&PortalNews=1&ParentCode=139&ParentPath=None&ContentVersion=R> Acesso em 24/09/2018

FARINHAQUE, R. Influência da umidade no poder calorífico da madeira de bracatinga (*Mimosa scabrella*, Benth) e aspectos gerais da combustão. **Série Técnica**, nº 6. Curitiba: FUPEF, 1981.

FINKE, HERRERA, M.E. **Densidade básica e equações de peso de madeira seca de povoamentos de eucaliptos de acordo com a idade, local, espécie e método de regeneração.** Viçosa: UFV, 1989. P113. (Tese M.S.)

FOELKEL, Celso. UTILIZAÇÃO DA BIOMASSA DO EUCALIPTO PARA PRODUÇÃO DE CALOR, VAPOR E ELETRICIDADE. **Eucalyptus online book & Newsletter cap. 43: Utilização da Biomassa do Eucalipto para Produção de Calor, Vapor e Eletricidade.** Parte 1:– Março 2016. Disponível em <http://www.eucalyptus.com.br/disponiveis.html> Acessado em 27/03/2018

FOELKEL, Celso. UTILIZAÇÃO DA BIOMASSA DO EUCALIPTO PARA PRODUÇÃO DE CALOR, VAPOR E ELETRICIDADE. **Eucalyptus online book & Newsletter cap. 44: Utilização da Biomassa do Eucalipto para Produção de Calor, Vapor e Eletricidade.** Parte 2:– Março 2016. Disponível em <http://www.eucalyptus.com.br/disponiveis.html> Acessado em 27/03/2018

IBÁ - INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Associação que representa os segmentos de painéis e pisos de madeira, celulose, papel e florestas energéticas.** Brasília: 2015. 80 p.

IBA – INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório IBA 2017.** Brasília: 2017.

IEF. Instituto Estadual de Florestas. **Resolução conjunta SEMAD/IEF nº 1905, de 12 de agosto de 2013.** Dispõe sobre os processos de autorização para intervenção ambiental no âmbito do Estado de Minas Gerais e dá outras providências. Minas Gerais, ago 2013 disponível em <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=29395> Acessado em 02/05/2018

IEF. Instituto Estadual de Florestas. **PORTARIA IEF. 174, DE 1º DE OUTUBRO DE 2008.** Altera Portaria n. 125, de 1º de julho de 2008, que dispõe sobre o transporte de madeira *in natura* de florestas plantadas no Estado de Minas Gerais, e dá providências. Minas Gerais, jul 2008 disponível em <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=11174> Acessado em 02/05/2018

LEMOS, Stella Vannucci. **Análise Econômica do Plantio e Condução do Eucalipto de Curta Rotação para fins Energéticos.** Botucatu-SP, Dezembro, 2014

Lima, J.D.; Scheitt, L.C.; Boschi, T. De F.; Silva, N.J. da; Meira, A.A. de; Dias, G.H..**Propostas de ajuste no cálculo do payback de projetos de investimentos financiados.** Custos e Agronegócio – v.9, nº4 – Out/Dez – 2013. Disponível em [http://pb.utfpr.edu.br/savepi/materiais%20de%20apoio/Lima\\_et\\_al\\_2013\\_Calculo\\_Payback.pdf](http://pb.utfpr.edu.br/savepi/materiais%20de%20apoio/Lima_et_al_2013_Calculo_Payback.pdf) . Acessado em 16/05/2018

MECANICA INDUSTRIAL – Classificação de caldeiras a vapor - Acervo online - <https://www.mecanicaindustrial.com.br/classificacao-de-caldeiras-vapor/> Acessado em 07/03/2018

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Análise econômica de plantios florestais de Eucalyptus sp. em diferentes espaçamentos na agricultura familiar.** IV Prêmio Serviço Florestal Brasileiro em Estudos de Economia e Mercado Florestal. 16 de Maio e 2017. Disponível em <http://www.florestal.gov.br/documentos/informacoes-florestais/premio-sfb/iv-premio/monografias-iv-premio/profissional/2742-014tmp-monog/file> Acessado em 23/09/2018

NASCIMENTO, Mario Donizete; BIAGGIONI, Marco Antônio Martin. **AVALIAÇÃO ENERGÉTICA DO USO DE LENHA E CAVACO DE MADEIRA PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA EM AGROINDÚSTRIA SEROPÉDICA.** Revista Energia na Agricultura – 2010.V.25 n°3, p. 104 a 117.

NETO, Alexandre Assaf, LIMA, Fabiano Guast. **Curso de Administração Financeira – Manual do Mestre.** São Paulo: Atlas, 2009, P. 92

ODUM, Eugene P.; BARRETT, Gary W..**Fundamentos de Ecologia.** 5. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2007

ONU, Organização das Nações Unidas Brasil. **Agenda 2030.** Nações Unidas para o Brasil, 13 de out. de 2015. Disponível em <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/> Acessado em 24/10/2018

ORELLANA, B.B.M.A..**Quantificação da biomassa e potencial energético de Tachigalivulgaris em áreas plantadas no estado do Amapá.** Dissertação de Mestrado, Publicação PPG EFL. DM-248/2015, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, DF: Fevereiro de 2015

PETROBRÁS. **Óleo Combustível. – 2014** Publicação disponível em <http://www.br.com.br/pc/produtos-e-servicos/para-industrias/oleo-combustivel> .  
[Acessado em 26/03/2018](#)

PHILLIPS P.P.; PHILLIPS J.J..**Return on Investment(ROI) Basics.**ASTD Training Basics. 2006. P. 1-2. E-book edição ISBN: 978-1-60728-476-5 2005-1.

QUIRINO, Waldir F. et al. PODER CALORÍFICO DA MADEIRA E DE MATERIAIS LIGNOCELULÓSICOS. **Revista da Madeira,** Curitiba, v. 89, p.100-106, abr. 2005. Bimestral. Disponível em: <<https://www.lippel.com.br/dados/download/05-05-2014-10->

46poder-calorifico-da-madeira-e-de-materiais-ligno-celulosicos.pdf>. Acesso em: 24 set. 2018.

ROLIM, G. de S.; CAMARGO, M. B. P. de; LANIA, D. G.; MORAES, J. F. L. de. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o Estado de São Paulo. Campinas, v.66. 2007. Disponível em [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0006-87052007000400022](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052007000400022) . Acessado em 10/05/2018

ROSS, Stephen. A.; WESTERFIELD, R. W.; JAFFE, J. F. **Administração Financeira**. Tradução de Antonio Zanvicente. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2002. P.139-142

SANTOS, Susana Fernandes. **O Risco na Análise de Investimentos**. 2014. Dissertação (Mestrado em Finanças). Departamento de Departamento de Ciências Económicas e Empresariais, Universidade Portucalense, Porto, 2012. P. 36-38

SEBRAE, Nacional. **INICIATIVA SUSTENTAVEL: O QUE SÃO FLORESTAS ENERGÉTICAS**. 06/06/2014. Disponível em <http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-que-sao-florestas-energeticas.50a3438af1c92410VgnVCM100000b272010aRCRD> . Acessado em 28/03/2018

SHÜRHAUS, Patric. **Produtos e Propriedades Energéticas da Madeira**. Centro Universitário Vitória da União – Engenharia Industrial da Madeira. 2007. Disponível em <http://engmadeira.yolasite.com/resources/Energia%20da%20madeira.pdf> Acessado em 25/09/2018

SILVA, Julio Cezar da. **Entrevista concedida a Mauro Guimarães Diniz e Mateus Reis Oliveira**. Belo Horizonte, abr. 2018.

SOARES, C. P. B.; OLIVEIRA, M. L. R. Equações para estimar a quantidade de carbono na parte aérea de árvores de eucalipto em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 26, n. 5, p. 533-539, 2002.

TORORADAR. **Investidor iniciante: O que é IPCA?**. Acervo online disponível em <https://www.tororadar.com.br/investimento/bovespa/o-que-e-ipca-e-inflacao-acumulada>  
Acessado em 16/04/2018

UFV, Universidade Federal de Viçosa – Departamento de Solos, Centro de Ciências Agrárias. **Mapa de solos do estado de Minas Gerais**. Viçosa 2013. Disponível em: [http://www.dps.ufv.br/?page\\_id=742](http://www.dps.ufv.br/?page_id=742) Acessado em 24/09/2018.

UNEMAT, Universidade do Estado do Mato Grosso – Departamento de Zootecnia. **Características dos solos Goianos**. Pontes e Lacerda – MT, Dezembro de 2014. Disponível em <http://files.euriconeto2.webnode.com/200000070-9b75f9c6f5/GO.pdf>  
Acessado em 15/10/2018