

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS - *CAMPUS* BETIM
BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Leandro Gustavo Silva

**AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONOMICA DE COMBUSTÍVEIS UTILIZADOS EM
CALDEIRAS DA INDUSTRIA DE EMBALAGENS DE MADEIRA**

Betim
2023

LEANDRO GUSTAVO SILVA

**AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DE COMBUSTÍVEIS UTILIZADOS EM
CALDEIRAS DA INDÚSTRIA DE EMBALAGENS DE MADEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora do curso de Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais *Campus* Betim, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Bruno de Souza Baptista
Coorientadora: Âmara Fuccio de Fraga e Silva

Betim

2023

FICHA CATALOGRÁFICA

S586a Silva, Leandro Gustavo
Avaliação técnica e econômica de combustíveis utilizados em caldeiras da indústria de embalagens de madeira / Leandro Gustavo Silva. – 2023.
37 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica)
- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Câmpus Betim, 2023.

Orientação: Prof. Me. Bruno de Souza Baptista
Coorientação: Prof. Ma. Âmara Fuccio de Fraga e Silva

1. Caldeiras - Combustíveis. 2. Caldeiraria. 3. Estudos de viabilidade.
4. Engenharia mecânica. I. Leandro Gustavo Silva. II. Título.

CDU: 621.7



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Betim
Diretoria de Ensino
Docentes Mecânica
Rua Itamarati - CEP 32677-564 - Betim - MG
3135976360 - www.ifmg.edu.br

ATA DE DEFESA DO TCC

Aos 22 dias do mês de **Junho** do ano de **2023**, às **21:00** horas, sob a presidência de **Bruno de Souza Baptista (orientador)**, o discente **LEANDRO GUSTAVO SILVA** do Curso de **Engenharia Mecânica**, R.A nº **0047968** do IFMG – Campus Betim, defendeu o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado **“AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DE COMBUSTÍVEIS UTILIZADOS EM CALDEIRAS DA INDÚSTRIA DE EMBALAGENS DE MADEIRA”** e foi **APROVADO** com a nota **90**, que está condicionada ao cumprimento dos procedimentos pós-defesa do TCC.

Caso seja aprovado, deverá apresentar o trabalho com as devidas modificações em formato pdf, em **10/07/2023** (20 dias corridos após a data da defesa) à Coordenação de TCC. O não cumprimento dos procedimentos pós-defesa de TCC até a data estipulada, implica em atribuição de nota ZERO e consequente **REPROVAÇÃO**.

Betim, 11 de julho de 2023.



Documento assinado eletronicamente por **Bruno de Souza Baptista, Professor**, em 11/07/2023, às 19:03, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Flavio Magno de Carvalho Fonseca, Professor**, em 11/07/2023, às 19:12, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Jaqueline Das Gracas Moura Oliveira, Professora**, em 12/07/2023, às 11:22, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **1612089** e o código CRC **091C5AA4**.

23792.001080/2023-41

1612089v1

Dedico este trabalho aos meus pais,
Gilmar José Silva e Agnes Gonçalves da
Silva, que estiveram comigo em cada
etapa da minha vida e sempre me
apoiam na continuidade dos meus
estudos. Dedico também a Viviane
Macedo Souza e aos meus orientadores,
que dedicaram seu tempo, conhecimento
e paciência em longas discussões a
respeito de melhorias na elaboração
dessa pesquisa, assim como me
motivaram a executá-la.

AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores, Prof.^(a) Me. Bruno de Souza Baptista e Prof.^(a) Me. Âmara Fuccio, agradeço cada conselho e orientação referentes ao trabalho e as longas discussões que permitiram além da execução da pesquisa, o meu amadurecimento profissional.

Aos meus pais, ao meu irmão e a Viviane Macedo Souza, agradeço o apoio incondicional e as palavras de incentivo, que me motivaram a fazer o meu melhor. Também devo agradecer aos meus amigos, que sempre me apoiaram, tiveram paciência e entenderam os sacrifícios realizados para elaboração dessa pesquisa e nos demais anos da minha trajetória acadêmica.

Finalmente, agradeço a todos que forma direta ou indireta contribuíram na execução desse trabalho e na minha formação pessoal e profissional, ressaltando os colegas de trabalho e professores que tanto me ensinaram.

RESUMO

A necessidade de identificar alternativas que visam a redução de custo nas indústrias é recorrente, sempre em busca de manter a competitividade do negócio. Uma das possibilidades de redução de custo é a implantação de sistema próprio de geração de energia elétrica, por geralmente apresentar custos elevados no segmento industrial. Visto o cenário exposto, esse trabalho possui como finalidade desenvolver um estudo de viabilidade econômica da implantação de um sistema moto-gerador de energia, em uma indústria de embalagens de madeira. Para isso, foram identificadas diferentes possibilidades de combustíveis, sendo inclusive considerado o cavaco, resíduo oriundo do processo produtivo. Nas avaliações econômicas, foram consideradas de avaliação do retorno do investimento, dentre elas o VPL, *Payback* simples e o descontado. Ao contrário do que se imaginou no início do projeto, após os cálculos e análises de viabilidade, os resultados indicaram que não é uma solução viável, visto o custo de implantação do conjunto moto-gerador.

Palavras-chave: Energia elétrica; Moto-gerador; Viabilidade financeira; Caldeira; Combustível.

ABSTRACT

The need to identify alternatives aimed at cost reduction in industries is recurrent, always seeking to maintain the competitiveness of the business. One of the possibilities for cost reduction is the implementation of its own electric power generation system, as it generally presents high costs in the industrial segment. Given the above scenario, this work aims to develop an economic feasibility study of the implementation of an energy motor generator system in a wood packaging industry. For this, different possibilities of fuels were identified, including wooden chips, waste from the production process. In economics evaluations, the return on investment was considered, among them the NPV, simple and discounted Payback. Contrary to what was imagined at the beginning of the project, after the feasibility studies and analysis, the results indicated that it is not a viable solution, given the cost of implementing the motor-generator set.

Keywords: Electric energy; Motorgenerator; Financial viability; Boiler; Fuel.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Objetivos e áreas de influência do TCO.....	13
Figura 2 - Caldeira Flamotubular.....	19
Figura 3 - Caldeira Aquatubulares.....	20
Figura 4 - Caldeira Mistas	21
Figura 5 – Modelos de embalagens de madeira	23
Figura 6 – Fluxograma de geração de energia.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação dos combustíveis segundo a origem	15
Tabela 2 - Classificação dos combustíveis segundo o estado físico	16
Tabela 3 – Informações básicas para dimensionamento do conjunto moto-gerador	22
Tabela 4 – Potência e energia necessária no sistema	24
Tabela 5 – Condições de consumo	24
Tabela 6 – Consumo de cavaco previsto para atendimento da fábrica	25
Tabela 7 – Consumo de GLP previsto para atendimento da fábrica	25
Tabela 8 – Consumo de Óleo Diesel previsto para atendimento da fábrica	25
Tabela 9 – Histórico de consumo dos últimos 12 meses	26
Tabela 10 – Informações básicas para dimensionamento do conjunto moto-gerador	27
Tabela 11 – Custo operacional da caldeira, considerando o cavaco como combustível	29
Tabela 12 – Avaliação de viabilidade do projeto	30

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	11
1.1	Justificativa.....	11
1.2	Colocação do Problema.....	12
1.3	Objetivos	12
	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1	Total Cost of Ownership (TCO).	13
2.2	Valor Presente Líquido (VPL)	14
2.3	Payback Simples e Descontado.....	14
2.4	Combustíveis	15
2.4.1	Óleo Diesel.....	16
2.4.2	Cavaco de madeira	17
2.4.3	GLP	17
2.5	Caldeiras	17
2.5.1	Caldeira Flamotubulares	18
2.5.2	Caldeira Aquatubulares	19
2.5.3	Caldeira Mistas (CM).....	20
	METODOLOGIA	22
3.1	Perfil da empresa.....	23
3.2	Conjunto moto-gerador	23
3.3	Comparação dos combustíveis.....	24
3.4	Análise de investimento e do custo operacional.....	25
	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1	Consumo de energia elétrica.....	26
4.2	Conjunto moto-gerador	27
4.3	Custo de implantação do conjunto moto-gerador.....	29
4.4	Custo de operação do conjunto moto-gerador.....	29
4.5	Avaliação de viabilidade do projeto.....	30
	CONCLUSÕES	31
	REFERÊNCIAS.....	32
	ANEXOS	34
	Anexo 1 – Cálculos de Payback e VPL.....	34

INTRODUÇÃO

De acordo com a Norma Regulamentadora 13 (NR13), caldeiras são definidas como “equipamentos destinados a produzir e acumular vapor sob pressão superior à atmosférica, utilizando qualquer fonte de energia, projetados conforme códigos pertinentes, excetuando-se refervedores e similares”.

Caldeiras são equipamentos amplamente empregados em diversos fins, dentre eles para geração de energia, pela movimentação de turbo-geradores ou para elevação de temperatura de matérias primas e/ou equipamentos industriais (JÚNIOR, 2015). A utilização desses equipamentos pode ser direta ou indireta, como havendo a necessidade da utilização de um trocador de calor, por exemplo.

Considerando o aspecto construtivo de disposição da água em relação aos gases, a NR13 divide como: caldeiras flamotubulares e aquatubulares. Entretanto, encontramos no mercado o modelo misto, que possui características de ambas as concepções, sendo cada concepção adequada a um projeto, variando conforme a necessidade de geração e fonte de energia, aplicação e outros.

Sobre os combustíveis utilizados em caldeiras, TEIXEIRA E LORA (2004) classificam quanto ao estado físico e sua origem. Segundo os autores, os combustíveis podem ser encontrados como sólidos, líquidos e gasosos, sendo suas origens fósseis, naturais ou nucleares, sendo a última opção a mais crítica, visto os riscos envolvidos no manuseio de substâncias nucleares.

Nesse estudo de caso, será avaliada uma indústria que produz embalagens de madeira, localizada em Betim, Região Metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais (MG). Visto isso, serão estudados três combustíveis de maior disponibilidade na região (Óleo diesel, cavaco de madeira e GLP), visando definir qual a melhor opção técnica e econômica para essa empresa, avaliando a logística, o preço e a sustentabilidade.

1.1 Justificativa

Caldeiras são fontes geradoras de energia recorrentes em diversas indústrias. No planejamento de implantação de uma caldeira em uma companhia, é de suma importância o estudo prévio de viabilidade, seguido pela definição dos

combustíveis e das tecnologias que serão aplicadas, uma vez que ambos os requisitos influenciarão nos custos e desempenho ambiental das empresas, por exemplo.

Outros pontos importantes na definição da caldeira que será implantada, está relacionado à cadeia de suprimentos. A localização da empresa e a disponibilidade dos combustíveis para as caldeiras serão de suma importância, uma vez que poderá haver diferentes combustíveis e disponibilidade dos mesmos por região.

Por fim, em paralelo ao levantamento das informações discutidas nos parágrafos anteriores, será realizada a avaliação de desempenho dos diferentes combustíveis. Todas as informações em conjunto permitirão apontar a alternativa mais viável, considerando os aspectos técnicos e econômicos.

1.2 Colocação do Problema

Inúmeras empresas, principalmente de menor porte, ao realizar o planejamento de implantação de caldeiras, se deparam com dificuldades na tomada de decisão da tecnologia a ser adquirida e de sua viabilidade. Aspectos técnicos e econômicos devem ser considerados na fase de planejamento, ou seja, antes da aquisição do equipamento.

Visto o fato exposto no parágrafo anterior, esse estudo de caso buscará comparar diferentes combustíveis aplicados em caldeiras. Essa comparação poderá subsidiar empresas nas tomadas de decisão quanto a compra de caldeiras e qual tipo de tecnologia mais viável a sua demanda.

1.3 Objetivos

Definir a melhor opção técnico-econômica de combustível para caldeiras, através da metodologia de *Total Cost of Ownership* (TCO) e do *Payback* Descontado. Serão comparados os combustíveis cavaco de madeira, óleo diesel e GLP, em empresa de embalagens (pallets) localizada em Betim/MG, região metropolitana de Belo Horizonte/MG.

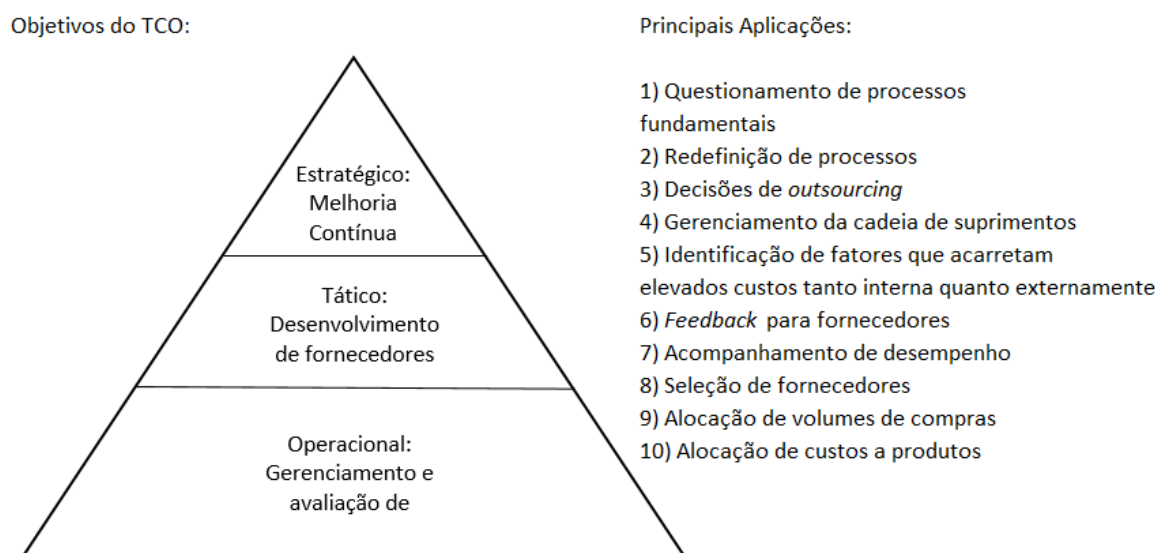
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Total Cost of Ownership (TCO).

Segundo MULLER (2001), o Total Cost Ownership (TCO), é um conceito adotado para descrever os custos totais associados à uma compra, como uso e manutenção de um bem ou serviço. O TCO considera o custo de aquisição de um material ou equipamento considerando toda cadeia de suprimento, sendo considerada desde a performance do equipamento/serviço até a disponibilidade de matérias-primas na região.

É possível definir três objetivos do TCO, sendo esses: Avaliação de desempenho; Qualidade na decisão; e Melhoria Contínua (SANTOS, 2011). Com essas informações é possível definir o melhor equipamento e/ou serviço a ser adquirido, pois essa metodologia permite a avaliação da melhor opção técnica, levando em consideração os custos, sendo comparadas diferentes alternativas, assim como resumido na Figura 1.

Figura 1 - Objetivos e áreas de influência do TCO



Autor: SANTOS, 2011

Assim como previamente citado, a Figura 1 ilustra as principais aplicações do TCO, considerando seus objetivos e aplicações. Avaliando os objetivos estratégicos,

essa metodologia permite questionar e comparar diferentes alternativas, sendo possível avaliar por exemplo se a produção de uma companhia será própria ou terceirizada, se um equipamento será comprado ou alugado, e se é necessário reavaliar processos, considerando aspectos como performance e custo.

Quando avaliados objetivos táticos, aspectos como disponibilidade da cadeia produtiva na região de interesse e qualidade no atendimento podem influenciar na tomada de decisão. Outro aspecto relevante é o *share* dos fornecedores, visando garantir o atendimento as demandas da companhia.

2.2 Valor Presente Líquido (VPL)

O VPL é um critério utilizado para avaliação de viabilidade de um investimento, uma vez que considera o valor do dinheiro no tempo. A metodologia de cálculo para avaliação da viabilidade econômica de um projeto pelo VPL é a diferença positiva entre receitas e custos atualizados para determinada taxa de desconto (REZENDE e OLIVEIRA, 2001; SILVA et al., 2002).

$$VPL = \sum_{j=1}^n \frac{R_j}{(1+i)^j} - \sum_{j=1}^n \frac{C_j}{(1+i)^j} \quad \text{Equação 1}$$

Sendo:

R_j = receitas no período j ;

C_j = custos no período j ;

i = taxa de desconto;

j = período de ocorrência de R_j e C_j ; e

n = duração do projeto, em anos, ou em número de períodos de tempo

2.3 Payback Simples e Descontado

Segundo Abensur (2012), o *payback* é definido como o tempo necessário para recuperar o capital investido, ou seja, ao calcular, deseja-se o menor valor possível, reduzindo o risco do investimento. Podemos resumir como o período necessário para que as entradas de caixa se igualem ao investimento inicial.

O *payback* simples é definido como o número de períodos necessários para recuperar o capital investido, geralmente em meses e anos. Esse método visa avaliar a atratividade de um investimento, mas não deve ser utilizado na avaliação de possibilidade de investimentos, pois sua fórmula é dada pelo valor do retorno por

período dividido pelo valor do investimento, desconsiderando o valor do dinheiro no tempo (DOMINGOS et al.; 2017).

O *payback* descontado leva em consideração o valor do dinheiro no tempo, sendo o mais adequado para a determinação do grau de risco do projeto (JÚNIOR, 2015). A Equação 2 representa o cálculo do “*Payback* descontado”.

$$VP = \sum_{j=1}^n \frac{FV}{(1-i)^n} \quad \text{Equação 2}$$

Sendo:

VP = Valor presente (R\$);

FV = Valor futuro (R\$);

i = Taxa de desconto (%);

n = período (unidade de tempo).

2.4 Combustíveis

De acordo com Carvalho Júnior e McQuay (*apud* FRANCISCO, 2012), o combustível é uma substância química que, quando em contato com um oxidante, pode produzir uma reação exotérmica, ou seja, uma reação que libera energia na forma de vapor. Teixeira e Lora (2004) segregam os tipos de combustíveis como fósseis, naturais e nucleares, havendo a subcategoria de sólidos, líquidos e gasosos, assim como apresentado nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Classificação dos combustíveis segundo a origem

Origem	Combustível Natural	Combustível Derivados
Fósseis	Petróleo	Gás liquefeito de petróleo (GLP), gasolina, óleos diesel, combustíveis e residuais
	Carvões minerais	Gases manufaturados, coque
	Gás natural	Gás natural liquefeito (GNL)
Naturais	Resíduos agroindustriais	Bagaço de cana, lixívia negra, casca de arroz
	Lenha	Carvão vegetal, gases manufaturados, metanol
	Resíduos animais	Biogás
Nucleares	Urânio	U-235, U-238
	Tório	Th-232

Autor: Teixeira e Lora, 2004

Tabela 2 - Classificação dos combustíveis segundo o estado físico

Estado físico	Combustíveis
Sólidos	Carvão mineral, carvão vegetal, xisto, turfa, lenha
Líquidos	Gasolina, querosene, diesel, óleos combustíveis
Gasosos	Gás natural, GLP, biogás

Autor: Teixeira e Lora, 2004

Dentre os combustíveis citados, a adoção de caldeiras a óleo diesel, óleo combustível, gás natural e GLP, são comuns ao mercado. Nas últimas décadas surgiram diversas pesquisas envolvendo biomassas, como exemplo bagaço de cana de açúcar e cavaco de bambu, consideradas fontes renováveis, assim como discutido nos estudos de Francisco (2012) e Santos (2021).

2.4.1 Óleo Diesel

Segundo DORNELES (2017), o óleo diesel é um derivado do petróleo com faixa de destilação de aproximadamente 150 e 400°C, constituído por hidrocarbonetos de 10 a 25 átomos de carbono. Trata-se de um produto amplamente utilizado em motores a combustão e para geração de energia elétrica.

No mercado automotivo, são utilizados dois tipos de óleos diesel, sendo esses o S10 e o S500. A principal diferença entre os tipos de diesel citados está no percentual de enxofre (S) e cetano em sua composição. O S10 possui menor percentual de S e cetano, consequentemente produzindo menos dióxido de enxofre (SO₂), substância altamente nociva à vida humana e ao meio ambiente, e menor capacidade de combustão e rendimento (DORNELES, 2017).

No segmento de mineração e geração de energia elétrica, o óleo diesel S1800 (teor de enxofre máximo de 1.800 ppm) é o determinado pela Resolução ANP nº 65, de 09/12/2011, mesmo contendo maior percentual de enxofre em sua composição. Considerando as aplicações citadas, apesar de haver tendência da alteração para o S10, devido a questões ambientais, ainda há necessidade da utilização do S1800 devido ao rendimento e ao seu menor custo, quando comparado com S10, visando garantir o abastecimento nacional (BONFÁ, 2011). Importante ressaltar que a maior parte dos equipamentos que utilizam combustível S1800 não podem ser abastecidos com S10, e oposto também se aplica.

2.4.2 Cavaco de madeira

Considerado um tipo de biomassa, os cavacos de madeiras são resíduos de atividades utilizando madeira e possuem diferentes opções. A disponibilidade é uma das vantagens desse combustível, uma vez que existem diversas opções que permitem confiabilidade do abastecimento das industriais, sendo exemplos de biomassas: bagaço de cana, cavaco, casca de arroz, cavaco de eucalipto, entre outros.

Além da disponibilidade, esses combustíveis possuem característica de possuir alto poder calorífico e geralmente possuem menor custo quando comparado a outros combustíveis. Trata-se de opções mais sustentáveis, uma vez que utiliza resíduo de outras atividades na produção de energia (BELLO, 2018).

2.4.3 GLP

De acordo com CRUZ (2008) o gás natural é uma mistura de hidrocarbonetos leves que, nas condições normais de temperatura e pressão, encontra-se em estado gasoso. Podem ser encontrados em jazidas com petróleo, sendo composto predominantemente por metano, etano, propano, e outros componentes de maior peso molecular.

Havendo predominância dos gases propano e butano na mistura, é dado o nome de gás liquefeito de petróleo (GLP), o mesmo gás utilizado em botijões residenciais (CRUZ, 2008). Outras aplicações do GLP são na propulsão de empilhadeiras e turbinas de geração de energia, principalmente em industriais que exigem isenção de resíduos.

2.5 Caldeiras

De acordo com a Norma Regulamentadora 13 (NR13), caldeiras são definidas como “equipamentos destinados a produzir e acumular vapor sob pressão superior à atmosférica, utilizando qualquer fonte de energia, projetados conforme códigos pertinentes, excetuando-se refervedores e similares”.

A NR13 classifica as caldeiras de acordo com a sua pressão de operação e volume, como disposto a seguir:

- a) caldeiras da categoria A são aquelas cuja pressão de operação é igual ou superior a 1.960 kPa (19,98 kgf/cm²), com volume superior a 100 L (cem litros); ou
- b) caldeiras da categoria B são aquelas cuja pressão de operação seja superior a 60 kPa (0,61 kgf/cm²) e inferior a 1 960 kPa (19,98 kgf/cm²), volume interno superior a 100 L (cem litros) e o produto entre a pressão de operação em kPa e o volume interno em m³ seja superior a 6 (seis).

Quanto ao aspecto construtivo de disposição da água em relação aos gases, a NR13 divide como: caldeiras flamotubulares e aquatubulares. Entretanto é comum identificarmos no mercado as caldeiras mistas, ou seja, que possuem características de ambas.

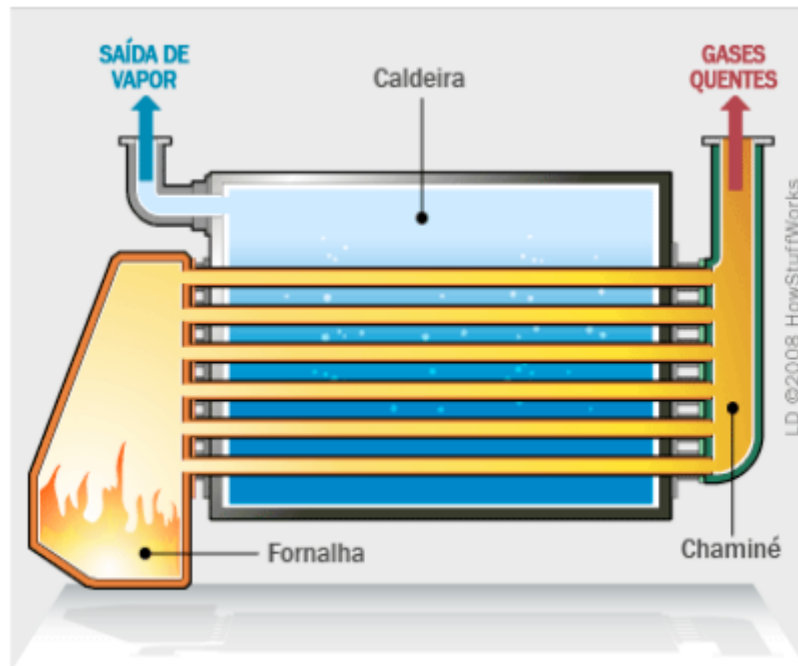
2.5.1 Caldeira Flamotubulares

As caldeiras flamotubulares são equipamentos amplamente difundidos na indústria. Esses equipamentos são utilizados junto a geradores e possuem vantagens, pois trabalham com faixas de pressão e vazão menores que a aquatubulares. Essas caldeiras demandam menores espaços e podem ser posicionadas verticalmente, além possuírem menores custos (DIAS et al., 2020).

Segundo PAIVA (2020), a queima de gases é realizada no interior da fornalha e os gases passam por tubulações, que transferem calor para água acondicionada na parte externa da câmara de combustão. Em seguida os gases são direcionados em tubulações distintas ao do vapor de água.

As caldeiras flamotubulares, por serem compactas, são entregues prontas para a instalação no local de operação de fábrica. A Figura 2 ilustra a configuração de uma Caldeira Flamotubular.

Figura 2 - Caldeira Flamotubular



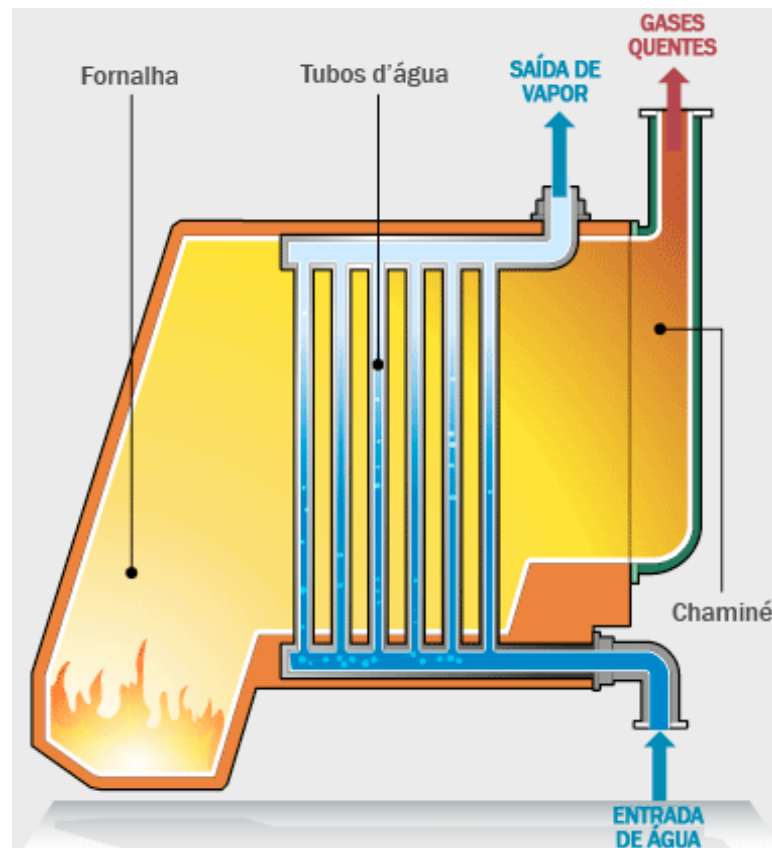
Fonte: JÚNIOR, 2015

2.5.2 Caldeira Aquatubulares

Diferente das caldeiras flamotubulares, as caldeiras aquatubulares operam com a circulação de gases quentes pelo exterior dos tubos e a água passa por eles (DIAS et al., 2020), assim como representado pela Figura 3. Esses equipamentos permitem alcançar maiores pressões, uma vez que os tubos neste modelo de caldeira são dispostos como se fossem paredes de água ou vigas tubulares, entretanto, demandam maior controle das variáveis do processo.

As caldeiras aquatubulares oferecem mais eficiência, além de suportar elevadas temperaturas e pressões. Esse modelo de caldeira suporta qualquer combustível e é geralmente utilizado na geração de energia. Entretanto, sua demanda deve ser toda utilizada continuamente, sem a possibilidade de variação de vazão de saída, como nas flamotubulares, além de apresentarem a desvantagem de possuírem maior custo, podendo superar em até 50% a mais do que uma caldeira de mesma capacidade flamotubular (ELETROPAULO, 2004, p.5 apud JÚNIOR, 2015).

Figura 3 - Caldeira Aquatubulares



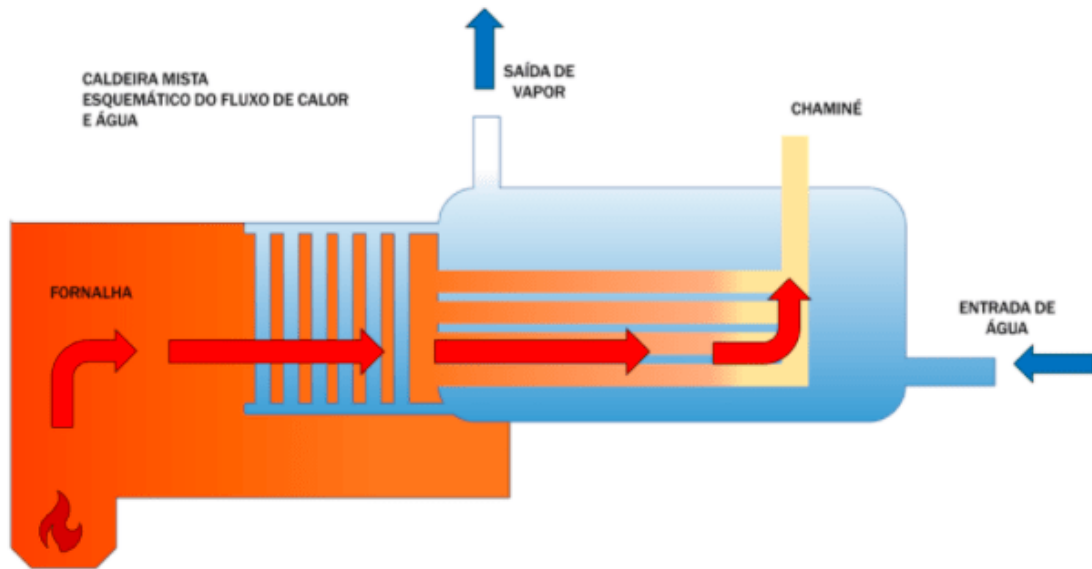
Fonte: JÚNIOR, 2015

2.5.3 Caldeira Mistas (CM)

A demanda de utilização de combustíveis sólidos em caldeiras foi precursora das caldeiras mistas. De acordo com SANTOS (2021), as CMs “são basicamente caldeiras flamotubulares, mas com um sistema de aproveitamento das paredes revestidas de tubos de água localizados na antecâmara de combustão aproveitando o calor proveniente da queima dos gases na fornalha”, assim como ilustrado pela Figura 4.

Diferente das flamotubulares e das aquatubulares, a eficiência das caldeiras mistas depende da característica do combustível sólido utilizado. A umidade é uma das características que impactam diretamente na eficiência da combustão e consequentemente na produção de energia nas CMs.

Figura 4 - Caldeira Mistas



Fonte: BURNTTECH, 2015

METODOLOGIA

O estudo de caso ocorreu em uma empresa do segmento de embalagens de madeira, localizada em Betim, região metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais. O estudo iniciou-se pela coleta de dados técnicos da empresa relacionados a esse trabalho.

Foram fornecidos pela empresa, com a condição de não divulgação de sua razão social, os dados necessários para o dimensionamento da caldeira. As informações básicas foram solicitadas através do formulário apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Informações básicas para dimensionamento do conjunto moto-gerador

Pergunta
Qual o consumo máximo de energia em kWh?
Qual o consumo de médio de energia em reais?
Qual o volume de cavaco é gerado em kg/mês?
Qual o volume de cavaco é gerado em m³?
O cavaco é misturado ou puro?
Há segregação para outras aplicações ou destinação final (exemplo: compensado de madeira)?
Há área dentro da companhia para instalação de uma caldeira?
Há alguma outra aplicação de vapor de água em seu processo que possa utilizar vapor?
Fonte: O autor

Após o levantamento das informações destacadas na Tabela 3, foram orçados no mercado o conjunto moto-gerador com capacidade técnica de atendimento da demanda. Considerando aspectos técnicos, desde o consumo de energia necessário para atendimento da companhia até a melhor opção de combustível para a caldeira, de forma que haja confiabilidade no processo.

Quanto ao levantamento dos custos e investimentos para implantação e operação da caldeira, foram avaliados através do TCO. Foram cotados os equipamentos (bombas, caldeiras, turbinas e condensador) com empresas com capacidade técnica de atendimento e instalação das caldeiras, considerando o custo

mensal de utilização cavaco de madeira e comparado com os combustíveis óleo diesel e GLP, sendo calculado o *payback* do projeto.

3.1 Perfil da empresa

De acordo com site da empresa, a mesma foi fundada no início dos anos 2000, possuindo atuação no segmento de embalagens industriais de madeira. Dentre suas atividades, há serviços de engenharia, consultoria, tratamento fitossanitário, reformas e reciclagem de embalagens. Além dos serviços, são produzidos produtos como pallets, engradados, caixas e embalagens diversas.

Localizada em Betim, Minas Gerais, a empresa conta com aproximadamente 50 colaboradores e com frota própria. Há um processo automatizado de produção das embalagens, conforme a necessidade do cliente. A Figura 5 ilustra alguns modelos de embalagens produzidos pela companhia.

Figura 5 – Modelos de embalagens de madeira



Pallets



Caixa de Madeira Industrial



Engradados de Madeira

Fonte: PAINEIRAS

3.2 Conjunto moto-gerador

Através do consumo de energia da empresa e levantamento de potenciais oportunidades de utilização das caldeiras, foram definidos os parâmetros operacionais mínimos para o atendimento da demanda. As propostas técnica e comercial foram feitas por uma empresa especializada em conjunto moto-geradores, mas não poderá ser citada nesse trabalho, pois não temos autorização para divulgação da marca.

Quanto aos parâmetros de potência necessários, foram considerados conforme a Tabela 4. A título de cálculo, considerou-se o mês com 720 horas, sendo o

equipamento indisponível por 48 horas mensais para manutenção, assim como orientado pelo fabricante.

Tabela 4 – Potência e energia necessária no sistema

Potência e Energia	Valor	Unidade
Potência bruta gerada (queimadores do gerador)	50	kW
Consumo interno do equipamento	10	kW
Indisponibilidade do equipamento	48,00	h/mês
Horas no mês	720,00	h
Energia produzida	33,60	MWh/mês
Energia consumida (resfriamento)	3,36	MWh/mês
Energia disponível para fábrica	30,24	MWh/mês

Fonte: Autor

Quanto as condições de consumo da caldeira para geração de energia pela turbina, foram considerados os valores apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Condições de consumo

Vapor - condições de consumo	Valor	Unidade
Pressão da caldeira	12,00	bar
Temperatura	250,00	°C
Vazão para geração	1,50	t/h
Consumo específico de vapor	30,00	t/MW

Fonte: Autor

3.3 Comparação dos combustíveis

A comparação entre os combustíveis propostos nesse trabalho é fundamental, principalmente pela avaliação de viabilidade econômica. Considerando que a companhia de embalagem estudada possui uma produção estimada de cavaco de aproximadamente 91,20 tonelada/mês, ou seja, insuficiente até mesmo para atender o volume mínimo requerido, conforme detalhado na Tabela 6, será necessário avaliar fontes alternativas de combustíveis, visando evitar desabastecimento.

Considerando o cenário apresentado, para a geração de 30,24 MWh/mês para fábrica, seriam necessários os volumes expostos na Tabela 6, 7 e 8.

Tabela 6 – Consumo de cavaco previsto para atendimento da fábrica

Combustível - Custo e disponibilidade (cavaco de madeira)	Valor	Unidade
Poder calorífico inferior (PCI)	2000,00	kcal/kg
Eficiência da caldeira	70,00	%
Umidade	35,00	%
Preço	140,00	R\$/t
Consumo específico de combustível	0,58	t/h
Consumo mensal de combustível	389,80	t/mês

Fonte: Autor

Tabela 7 – Consumo de GLP previsto para atendimento da fábrica

Combustível - Custo e disponibilidade (GLP)	Valor	Unidade
Poder calorífico inferior (PCI)	11.100,00	kcal/kg
Eficiência da caldeira	70,00	%
Temperatura de alimentação da caldeira	25,00	°C
Preço	4.500,00	R\$/t
Consumo específico de combustível	0,10	t/h
Consumo mensal de combustível	67,20	t/mês

Fonte: Autor

Tabela 8 – Consumo de Óleo Diesel previsto para atendimento da fábrica

Combustível - Custo e disponibilidade (Óleo diesel)	Valor	Unidade
Poder calorífico inferior (PCI)	10.100,00	kcal/kg
Eficiência da caldeira	70,00	%
Temperatura de alimentação da caldeira	25,00	°C
Preço	7.500,00	R\$/t
Consumo específico de combustível	0,11	t/h
Consumo mensal de combustível	73,92	t/mês

Fonte: Autor

3.4 Análise de investimento e do custo operacional

Após a definição do conjunto moto-gerador, foi avaliada a viabilidade econômica do projeto. Foram considerados três diferentes opções de combustíveis (cavado de madeira, óleo diesel e GLP), visando identificar qual apresenta menor custo operacional. Os combustíveis foram escolhidos por serem facilmente adquiridos no mercado, com confiabilidade de abastecimento e custo competitivo.

Após a definição do conjunto moto-gerador, foi elaborado o TCO, visando identificar qual combustível é o mais viável economicamente, considerando a performance do sistema. A ferramenta utilizada na avaliação foi o *payback*, visando identificar o tempo para retorno do investimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o contato com a empresa de embalagens, foram disponibilizadas informações estratégicas quanto ao consumo de energia elétrica e geração de cavaco de madeira, um dos combustíveis avaliados nesse trabalho.

4.1 Consumo de energia elétrica

A companhia estudada nessa pesquisa disponibilizou o consumo de energia elétrica dos últimos 12 meses, assim como ilustrado pela Tabela 9.

Tabela 9 – Histórico de consumo dos últimos 12 meses

Mês/Ano	Demanda (kW)		Energia (kW)		HR
	HP	HFP	HP	HFP	
dez/22	94	115	615	15662	0
nov/22	96	112	1148	16482	0
out/22	99	110	2050	15949	0
set/22	86	100	1435	14801	0
ago/22	88	97	1558	16646	0
jul/22	94	115	1681	16236	0
jun/22	100	119	2050	16892	0
mai/22	92	99	1517	15703	0
abr/22	93	100	1558	15293	0
mar/22	86	100	2337	18081	0
fev/22	86	93	1804	14309	0
jan/22	88	100	2050	15252	0
dez/21	81	100	2173	14801	0
Total	1183	1360	21976	206107	0

Fonte: Autor

Observou-se que não ocorreram grandes variações de consumo no período avaliado, o que é positivo para a definição do conjunto moto-gerador de energia.

Adicionalmente, foram disponibilizadas informações básicas para o dimensionamento do conjunto moto-gerador, assim como para avaliação da viabilidade da utilização do cavaco como combustível. A Tabela 10 apresenta as informações disponibilizadas pela empresa.

Tabela 10 – Informações básicas para dimensionamento do conjunto moto-gerador

Pergunta
Qual o consumo máximo em KWh? 20.000,00 KWh = 20 MWh
Qual o consumo de médio de energia em reais? R\$ 12.000,00
Qual o volume de cavaco é gerado em kg/mês? Estimado em 91,20 tonelada/mês, pois considerou-se a densidade média de 380 kg / m³.
Qual o volume de cavaco é gerado em m ³ ? 240 m³/mês
O cavaco é misturado ou puro? Misturado (serragem fina e grossa de pinus de eucalipto)
Há segregação para outras aplicações ou destinação final (exemplo: compensado de madeira)? Não, todo o material é destinado ao aterro industrial de Betim/MG.
Há área dentro da companhia para instalação de uma caldeira? Sim.
Há alguma outra aplicação de vapor de água em seu processo que possa utilizar vapor? Não.

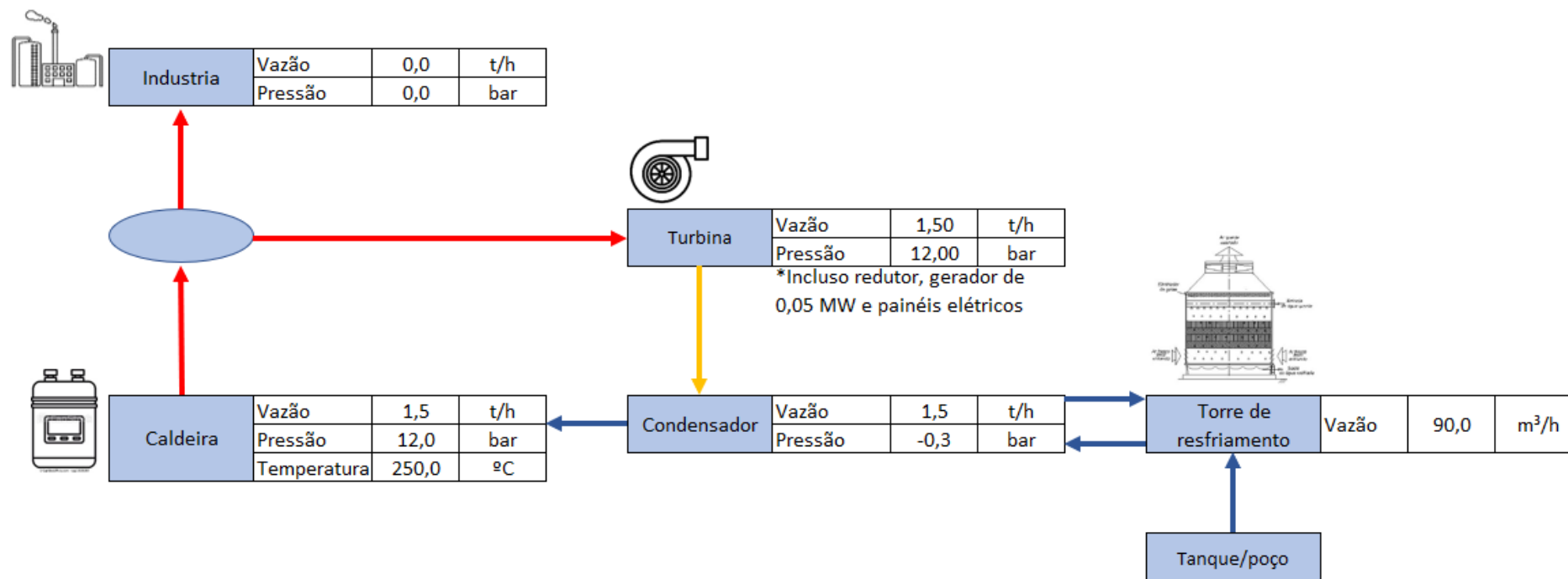
Fonte: Autor

4.2 Conjunto moto-gerador

Quanto ao conjunto moto-gerador, foi calculado o fluxograma apresentado na Figura 6, considerando a aplicação de Caldeira Flamotubular. O conjunto proposto é capaz de gerar 50 kW de energia mensalmente.

Dentre os fabricantes consultados, o menor sistema disponível foi o proposto acima, não sendo identificado um com geração de apenas 20 MWh.

Figura 6 – Fluxograma de geração de energia



Fonte: Autor

4.3 Custo de implantação do conjunto moto-gerador

Considerando que a empresa de embalagens possui espaço físico para instalação do conjunto moto-gerador, não foi orçada adequações civis, apesar de sabermos que haverá necessidade de pequenos ajustes. Para a compra e instalação de todo sistema ilustrado na Figura 6, foi orçado em R\$ 4.000.000,00 (quatro milhões de reais), valor já incluso frete e impostos.

4.4 Custo de operação do conjunto moto-gerador

Quanto ao custo operacional, haverá custo com combustível, uma vez que serão necessárias a compra de 296,6 toneladas de cavaco para atender a demanda de 30,24 MWh/mês. O combustível com menor custo foi o cavaco, havendo acréscimo de R\$ 41.804,00/mês, seguido do GLP (R\$ 302.400,33/mês) ou Diesel (R\$ 554.400,00 /mês).

Visto o cenário exposto no parágrafo anterior, foi elaborada a Tabela 11, com o custo operacional esperado para caldeira, comparando quanto seria consumido de GLP e Diesel, mesmo sabendo que os dois últimos se mostraram menos competitivos.

Tabela 11 – Custo operacional da caldeira, considerando o cavaco como combustível

Descrição	Valor	Unidade
Energia gerada pela caldeira	30,24	MWh/mês
Excedente de energia*	10,24	MWh/mês
Preço médio da energia elétrica para compra da CEMIG	0,55	R\$/kWh
Sistema moto-gerador		
Custo com combustível - cavaco	R\$ 41.804,00	R\$/mês
Custo com manutenção	R\$ 3.670,00	R\$/mês
Total considerando cavaco	R\$ 3.670,00	R\$/mês
Custo dos combustíveis		
Custo com combustível - GLP	R\$ 302.400,33	R\$/mês
Custo com combustível - Diesel	R\$ 554.400,00	R\$/mês
Consumo de energia atual	R\$ 11.000,00	R\$/mês

* O excedente de energia de 10,24 MWh/mês foi considerado no *Payback* com mesmo valor unitário do preço médio de energia elétrica a título de cálculo.

Fonte: Autor

4.5 Avaliação de viabilidade do projeto

Quanto a viabilidade do projeto, através dos cálculos do *payback* simples e descontado e do VPL, concluiu-se que não será viável a implantação do sistema motorizador de energia. Assim como apresentado no parágrafo 4.3, visto o investimento inicial de 4 milhões de reais e outros custos e despesas, foram feitos os cálculos de viabilidade e os resultados apresentados na Tabela 12 e no Anexo 1. Mesmo considerando uma taxa mínima de atratividade (TMA) baixa, não haverá *payback*, pois os custos de manutenção e operação do sistema seriam mais altos que a compra de energia diretamente da concessionária.

Tabela 12 – Avaliação de viabilidade do projeto

TMA (taxa mínima de atratividade)	5%
Payback simples	-11,56 anos
Payback descontado	> 46 anos
VPL	-R\$ 10.188.362,53

Fonte: Autor

Ressalta-se ainda, que não foram considerados custos com mão de obra e adequações civis das instalações nos cálculos de viabilidade, fato que reduziria ainda mais a atratividade do projeto. Para os cálculos, considerou-se o cavaco de madeira como combustível, uma vez que o custo de aquisição seria menor frente aos demais combustíveis. Outro aspecto relevante considerado para consideração do cavaco foram as questões logísticas e necessidade de adaptações para armazenamento do combustível, uma vez que combustíveis líquidos e gasosos possuem requerimentos de armazenamentos mais específicos do que os cavacos.

CONCLUSÕES

As considerações finais dessa pesquisa foram baseadas nas informações apresentadas ao decorrer do trabalho, sendo essas provenientes do trabalho de levantamento de dados, revisão da literatura e, posteriormente, dos resultados obtidos a partir de sua compilação.

A solução apresentada se mostrou viável tecnicamente, uma vez que proporcionaria energia para o atendimento da unidade fabril e teria uma destinação final adequada ao cavaco. Entretanto, em relação aos aspectos econômicos, o projeto objeto dessa pesquisa não se mostrou viável, visto o custo de implantação e operação ser superior ao gerado atualmente e por não gerar *payback* a companhia.

Foram avaliados diferentes combustíveis, mas nenhum se mostrou economicamente viável. Outro aspecto negativo aos combustíveis e ao sistema estudado, está relacionado a viabilidade ambiental do projeto, uma vez que seriam gerados gases que contribuiriam para o aquecimento global.

Finalmente, considerando os custos de energia elétrica e a expectativa de expansão da produção da empresa de embalagem estudada, entende-se que outras fontes de energia poderiam ser avaliadas. Sugere-se que trabalhos futuros estudem a viabilidade da instalação de painéis solares e/ou turbinas eólicas para geração de energia. Essas tecnologias poderiam alternativas viáveis financeiramente, além de serem sustentáveis.

REFERÊNCIAS

ABENSUR, Eder Oliveira. Um modelo multiobjetivo de otimização aplicado ao processo de orçamento de capital. *Gestão & Produção*, v. 19, n. 4, p. 747-758, 2012.

BELLO, Luis Felipe Reis. 2018. INTRODUÇÃO DE CALDEIRA DE BIOMASSA EM UMA FÁBRICA DO RAMO DE NUTRIÇÃO ANIMAL UTILIZANDO CAVACO DE EUCALIPTO COMO COMBUSTÍVEL. Varginha: Centro Universitário do Sul de Minas - UNIS – MG, 2018.

BONFÁ, Marcio Henrique Perissinotto. 2011. DIESEL S10: IMPACTO SOBRE O RENDIMENTO DO PARQUE DE REFINO BRASILEIRO EM 2020 E PROPOSTAS MITIGADORAS. Rio de Janeiro : UFRJ, 2011.

BURNTECH. 2021. BURNTECH. [Online] 27 de Outubro de 2021. [Citado em: 16 de Novembro de 2022.] Disponível em: <<https://blog.burntech.ind.br/entenda-a-diferenca-entre-as-caldeiras-aquatubulares-flamotubulares-e-mistas/>> Acesso em: 24 de Novembro de 2022

CRUZ, Dayane Raquel da. 2008. GÁS NATURAL COMO ENERGIA DO NOVO MILÊNIO . Rio de Janeiro : UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES, 2008.

DORNELES, Camila. 2017. Nova proposta de dosagem e determinação de aditivo melhorador de cetano em óleo diesel. Porto Alegre : Departamento de Engenharia de Produção - Universidade Federal de Sergipe.

DOMINGOS, Bruna et. al. 2017. Estudo de payback simples para a substituição do gás liquefeito de petróleo pelo biogás em uma unidade hospitalar em Minas Gerais. Anais do IX SIMPROD : UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, 2017.

M. C. DIAS, A.M.B.SILVA, L.R. JÚNIOR. 2020. EFICIÊNCIA DE CALDEIRAS AQUATUBULARES DIANTE COMBUSTÃO DE DIFERENTES CULTIVARES DE CANA DE AÇÚCAR. Uberaba : Encontro de Desenvolvimento de Processos Agroindustriais, 2020.

JUNIOR, ELSON SPORNRAFT. Estudo de viabilidade de implantação de caldeira industrial.. 2015. MARÍLIA : CENTRO UNIVERSITÁRIO DE MARÍLIA - UNIVEM, 2015.

FRANCISCO, RODRIGO PEREIRA. 2012. Estudo Termoquímico Da Queima De Combustíveis Em Caldeiras Usando Balanços De Energia. São João Del Rei : CEFET MG, 2012.

KAWASAKI. 2013. Turbinas Industriais a Vapor. Disponível em: < Turbinas Industriais a Vapor | Kawasaki Heavy Industries, Ltd.> Acesso em: 12 de Março de 2023.

LEGISLAÇÃO DO MINISTÉRIO DO TRABALHO, “Norma Regulamentadora NR-13”, 26.04.1995. [23] MCINTIRE, P.; MILLER, R.K

MMA - Ministério do Meio Ambiente. 2016. Balanço energético nacional 2017. Disponível em: < nz3ggqk0.mrp20180831000000.pdf (mme.gov.br)> Acesso em: 26 de Março de 2023.

MULLER, C. J., & Panitz, C. O. V. O USO DA FERRAMENTA DE TOTAL COST OF OWNERSHIP (TCO) COMO TÉCNICA PARA AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DE FORNECEDORES. Anais Do Congresso Brasileiro De Custos - ABC. Recuperado de <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/2891>

MTE, Ministério do Trabalho e Emprego. NR 13: Manual técnico de caldeiras e vasos de pressão: edição comemorativa de 10 anos da NR 13. Brasília: MTE, SIT, DSST, 2006. 124 p.

NORONHA, Sandro Donald. 1998. Um Modelo Multicritérios Para Apoiar a Decisão da Escolha do Combustível para Alimentação de Caldeiras Usadas na Indústria Têxtil. Florianópolis : UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 1998.

PAINEIRAS. 2021. Modelos de embalagens de madeira. Disponível em: < <https://abpaineiras.com.br/> Acesso em: 24 de Novembro de 2022.

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. Análise econômica e social de projetos florestais. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 389 p.

Teixeira, F. N., Lora, E. E. S., Suprimento Energético para Termelétricas, in: Geração Termelétrica: planejamento, projeto e operação, Coordenadores: Lora, E.E.S.; Nascimento, M.A.R., Editora Interciência, Rio de Janeiro, 2004.

ANEXOS

Anexo 1 – Cálculos de Payback e VPL

Ano	Fluxo de caixa nominal (R\$)		Fluxo de caixa nominal (R\$)		Fluxo descontados (R\$)		Saldo (R\$)	
0	-R\$	4.000.000,00	-R\$	4.000.000,00	-R\$	4.000.000,00	-R\$	4.000.000,00
1	-R\$	346.104,00	-R\$	4.346.104,00	R\$	329.622,86	-R\$	4.329.622,86
2	-R\$	346.104,00	-R\$	4.692.208,00	R\$	313.926,53	-R\$	4.643.549,39
3	-R\$	346.104,00	-R\$	5.038.312,00	R\$	298.977,65	-R\$	4.942.527,04
4	-R\$	346.104,00	-R\$	5.384.416,00	R\$	284.740,62	-R\$	5.227.267,65
5	-R\$	346.104,00	-R\$	5.730.520,00	R\$	271.181,54	-R\$	5.498.449,19
6	-R\$	346.104,00	-R\$	6.076.624,00	R\$	258.268,13	-R\$	5.756.717,33
7	-R\$	346.104,00	-R\$	6.422.728,00	R\$	245.969,65	-R\$	6.002.686,98
8	-R\$	346.104,00	-R\$	6.768.832,00	R\$	234.256,81	-R\$	6.236.943,79
9	-R\$	346.104,00	-R\$	7.114.936,00	R\$	223.101,72	-R\$	6.460.045,51
10	-R\$	346.104,00	-R\$	7.461.040,00	R\$	212.477,83	-R\$	6.672.523,35
11	-R\$	346.104,00	-R\$	7.807.144,00	R\$	202.359,84	-R\$	6.874.883,19
12	-R\$	346.104,00	-R\$	8.153.248,00	R\$	192.723,66	-R\$	7.067.606,84
13	-R\$	346.104,00	-R\$	8.499.352,00	R\$	183.546,34	-R\$	7.251.153,19
14	-R\$	346.104,00	-R\$	8.845.456,00	R\$	174.806,04	-R\$	7.425.959,22
15	-R\$	346.104,00	-R\$	9.191.560,00	R\$	166.481,94	-R\$	7.592.441,17
16	-R\$	346.104,00	-R\$	9.537.664,00	R\$	158.554,23	-R\$	7.750.995,40
17	-R\$	346.104,00	-R\$	9.883.768,00	R\$	151.004,03	-R\$	7.901.999,42
18	-R\$	346.104,00	-R\$	10.229.872,00	R\$	143.813,36	-R\$	8.045.812,79
19	-R\$	346.104,00	-R\$	10.575.976,00	R\$	136.965,11	-R\$	8.182.777,89
20	-R\$	346.104,00	-R\$	10.922.080,00	R\$	130.442,96	-R\$	8.313.220,85
21	-R\$	346.104,00	-R\$	11.268.184,00	R\$	124.231,39	-R\$	8.437.452,24
22	-R\$	346.104,00	-R\$	11.614.288,00	R\$	118.315,61	-R\$	8.555.767,84
23	-R\$	346.104,00	-R\$	11.960.392,00	R\$	112.681,53	-R\$	8.668.449,38
24	-R\$	346.104,00	-R\$	12.306.496,00	R\$	107.315,74	-R\$	8.775.765,12
25	-R\$	346.104,00	-R\$	12.652.600,00	R\$	102.205,47	-R\$	8.877.970,59
26	-R\$	346.104,00	-R\$	12.998.704,00	R\$	97.338,54	-R\$	8.975.309,13
27	-R\$	346.104,00	-R\$	13.344.808,00	R\$	92.703,37	-R\$	9.068.012,51
28	-R\$	346.104,00	-R\$	13.690.912,00	R\$	88.288,93	-R\$	9.156.301,44
29	-R\$	346.104,00	-R\$	14.037.016,00	R\$	84.084,69	-R\$	9.240.386,13
30	-R\$	346.104,00	-R\$	14.383.120,00	R\$	80.080,66	-R\$	9.320.466,79
31	-R\$	346.104,00	-R\$	14.729.224,00	R\$	76.267,30	-R\$	9.396.734,09
32	-R\$	346.104,00	-R\$	15.075.328,00	R\$	72.635,52	-R\$	9.469.369,61
33	-R\$	346.104,00	-R\$	15.421.432,00	R\$	69.176,69	-R\$	9.538.546,29
34	-R\$	346.104,00	-R\$	15.767.536,00	R\$	65.882,56	-R\$	9.604.428,85
35	-R\$	346.104,00	-R\$	16.113.640,00	R\$	62.745,29	-R\$	9.667.174,14
36	-R\$	346.104,00	-R\$	16.459.744,00	R\$	59.757,42	-R\$	9.726.931,56
37	-R\$	346.104,00	-R\$	16.805.848,00	R\$	56.911,83	-R\$	9.783.843,39
38	-R\$	346.104,00	-R\$	17.151.952,00	R\$	54.201,74	-R\$	9.838.045,14
39	-R\$	346.104,00	-R\$	17.498.056,00	R\$	51.620,71	-R\$	9.889.665,84
40	-R\$	346.104,00	-R\$	17.844.160,00	R\$	49.162,58	-R\$	9.938.828,42

Ano	Fluxo de caixa nominal (R\$)		Fluxo de caixa nominal (R\$)		Fluxo descontados (R\$)		Saldo (R\$)
41	-R\$	346.104,00	-R\$	18.190.264,00	R\$	46.821,50	-R\$ 9.985.649,93
42	-R\$	346.104,00	-R\$	18.536.368,00	R\$	44.591,91	-R\$ 10.030.241,84
43	-R\$	346.104,00	-R\$	18.882.472,00	R\$	42.468,48	-R\$ 10.072.710,32
44	-R\$	346.104,00	-R\$	19.228.576,00	R\$	40.446,18	-R\$ 10.113.156,49
45	-R\$	346.104,00	-R\$	19.574.680,00	R\$	38.520,17	-R\$ 10.151.676,66
46	-R\$	346.104,00	-R\$	19.920.784,00	R\$	36.685,87	-R\$ 10.188.362,53