

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR - MG
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
PEDRO BELO MONTEIRO

**ESTUDO DA VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE UMA CORREIA
TRANSPORTADORA NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE LENHA EM UMA
EMPRESA DO CENTRO-OESTE MINEIRO**

FORMIGA – MG
2017

PEDRO BELO MONTEIRO

ESTUDO DA VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE UMA CORREIA
TRANSPORTADORA NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE LENHA EM UMA
EMPRESA DO CENTRO-OESTE MINEIRO

Trabalho de conclusão de curso apresentada
ao Curso de Engenharia de Produção do
UNIFOR- MG, como requisito parcial para a
obtenção do título de bacharel Engenheiro
de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Michael Silveira
Thebaldi

FORMIGA – MG

2017

Pedro Belo Monteiro

ESTUDO DA VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE UMA CORREIA
TRANSPORTADORA NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE LENHA EM UMA
EMPRESA DO CENTRO-OESTE MINEIRO

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Curso de Engenharia de
Produção do UNIFOR, como requisito
parcial para obtenção do título de
bacharel.

BANCA EXAMINADORA

Profº Dr. Michael Silveira Thebaldi

Orientador

Prof. Dr. Marcelo Carvalho Ramos
UNIFOR

Formiga, 07 de novembro de 2017.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado o meu dom mais importante, que é a vida. Agradeço aos amigos, professores e colaboradores do Unifor que estiveram junto durante essa caminhada.

Agradeço aos meus avós, madrinha e padrinho, tios e tias que deram suporte durante toda minha vida. Aos meus irmãos João Paulo e Felipe, minhas cunhadas, ao namorado de minha mãe Sócrates e a minha namorada Letícia, que sempre estiveram comigo me apoiando. A Cida, minha segunda mãezinha, pelo carinho e paciência que sempre teve comigo e meus irmãos.

Ao meu tio Rogério Belo e colegas de trabalho, pela oportunidade no mercado de trabalho, possibilitando meu desenvolvimento profissional.

Ao meu pai Rosimar, que mesmo não estando presente fisicamente, nunca saiu do meu coração e pensamentos, me motivando a buscar meus sonhos. Por último e não menos importante, agradeço a minha mãe Maria Lúcia, que foi quem possibilitou que momentos como esse acontecesse e é para mim durante toda minha vida uma faculdade de valores.

Agradeço meu orientador Michael pelos ensinamentos passados, e pela grande ajuda e empenho na execução deste trabalho.

RESUMO

Em meio aos inúmeros produtos derivados de fontes minerais, a cal representa maior relevância no mercado em relação ao consumo e aplicabilidade. A cal é produzida a partir do processo de calcinação, que consiste em aquecer a rocha calcária em elevadas temperaturas, sem atingir seu ponto de fusão, a fim de se obter a decomposição de carbonatos de cálcio e de magnésio. A procura constante de produtos de qualidade em empresas de calcinação promove a competitividade de mercado, favorecendo o crescimento econômico. Deste modo, faz-se necessário buscar meios para garantir a sobrevivência da empresa no mercado, resistindo à competitividade. Embasado neste desenvolvimento, a aplicação de inovações tecnológicas, pode trazer ganhos em longo prazo. Diante disto, o estudo em questão foi desenvolvido e aplicado em uma empresa de calcinação no Centro-Oeste de Minas Gerais, situada no município de Pains. O objetivo do estudo é analisar a viabilidade econômico-financeira da implantação de uma correia transportadora no processo de abastecimento de lenha em um alto forno desta calcinação. A proposta é minimizar os custos de mão-de-obra e promover um avanço tecnológico no processo produtivo. O estudo da implantação da correia transportadora se mostrou viável tecnicamente e financeiramente. Tecnicamente porque trará melhorias ao processo, tornando-se um processo mais confiável, e financeiramente o processo é viável, pois será pago em médio prazo (2 anos e 04 meses). Sendo assim, a análise final a ser feita é que a implantação da correia transportadora é viável, trazendo retornos financeiros a empresa e também melhorias no processo de abastecimento de lenha do auto forno de calcinação.

Palavras chave: Análise financeira. Abastecimento. Calcinação.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Ciclo produtivo da cal.....	15
Figura 2 – Extração do calcário.....	17
Figura 3 – Britagem.....	17
Figura 4 – Calcinação	18
Figura 5 – Moagem	19
Figura 6 – Acondicionamento.....	19
Figura 7 - Suporte para abastecimento de combustível em forno de calcinação	28
Figura 8 – Divisão em zonas de forno de calcinação	28
Figura 9 - O conceito da Taxa Interna de Retorno	34
Figura 10 – Sistema de abastecimento	43
Figura 11 - Imagem depósito de lenha da empresa.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Poder calorífico inferior de combustíveis.....	26
Tabela 2 - Consumo médio de lenha (m ³) no alto forno da empresa avaliada.....	44
Tabela 3 - Escala de serviço mês de setembro de 2017.....	46
Tabela 4 - Sugestão de escala para setembro de 2017 de acordo com a implantação da correia transportadora para abastecimento de lenha.....	46
Tabela 5 - Levantamento dos custos médios em reais para a fabricação da correia transportadora para alimentação de gasogênio.....	48
Tabela 6 - Custo anual com funcionários atuantes no forno de calcinação.....	49
Tabela 7 - Cálculos depreciação.....	50
Tabela 8 - Custos de manutenção.....	50
Tabela 9 - Cálculos Payback e VPL.....	51
Tabela 10 - Análise financeira do projeto.....	51

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Vantagens e desvantagens de TIR	35
Quadro 2 – Vantagens e desvantagens do <i>payback</i>	36

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	12
2.1	Objetivo Geral	12
2.2	Objetivos específicos.....	12
3	JUSTIFICATIVA.....	13
4	REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
4.1	Processo de calcinação	14
4.1.1	Etapas do processo produtivo da calcinação	16
4.2	Fornos para calcinação	20
4.2.2	Tipos de fornos.....	21
4.2.2.1	Forno de barranco.....	21
4.2.2.2	Fornos Verticais	22
4.2.2.3	Fornos rotativos	23
4.3	Principais combustíveis	24
4.4	Meios de alimentação	27
4.5.1	Custos operacionais	30
4.6	Análise econômica e financeira de investimento	31
4.6.1	Taxa Mínima de Atratividade	31
4.6.2	Valor Presente Líquido (VPL)	32
4.6.3	Taxa Interna de Retorno (TIR)	33
4.6.4	Tempo de retorno do investimento (<i>Payback</i>).....	35
4.6.5	Depreciação	36
5	MATERIAL E MÉTODOS	38
5.1	Descrição da empresa	38
5.2	Abordagem	38
5.3	Análise financeira.....	39
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
6.1	Análise do atual sistema de abastecimento de lenha	43
6.2	Proposta de um novo modelo de abastecimento de lenha	45
6.3	Análise do espaço físico do depósito de lenha	46
6.4	Análise financeira.....	47
6.4.1	Análise financeira: retorno do investimento.....	48

6.4.2	Análise financeira: Depreciação, payback, TIR e VPL	49
7	CONCLUSÃO	52
	REFERÊNCIAS.....	53
	ANEXO A – Fluxograma do processo de calcinação calcário dolomítico	58

1 INTRODUÇÃO

Em meio aos inúmeros produtos derivados de fontes minerais, a cal representa maior relevância no mercado em relação ao consumo e aplicabilidade. A cal é produzida a partir do processo de calcinação, que consiste em aquecer a rocha calcária em elevadas temperaturas, sem atingir seu ponto de fusão, a fim de se obter a decomposição de carbonatos de cálcio e de magnésio. Sua composição varia de acordo com a origem da rocha extraída, geralmente seu componente majoritário é o óxido de cálcio (CaO) (SOARES, 2007)

Segundo a Associação Brasileira dos Produtores de Cal (ABCP, 2012), O Brasil ocupa o quinto lugar como o maior produtor de cal no mundo, produzindo no ano de 2013 um montante de aproximadamente 8 milhões de toneladas de cal. A calcinação é a atividade predominante no Centro-Oeste de Minas Gerais, caracterizada pela boa qualidade do calcário explorado.

A procura constante de produtos de qualidade em empresas de calcinação promove a competitividade de mercado, favorecendo o crescimento econômico. Deste modo, faz-se necessário buscar meios para garantir a sobrevivência da empresa no mercado, resistindo à competitividade. Embasado neste desenvolvimento, a aplicação de inovações tecnológicas, pode trazer ganhos em longo prazo.

A partir da escolha de tecnologia a ser aplicada no processo, é importante que se faça uma análise de viabilidade econômico-financeira. Estas análises auxiliam na tomada de decisão, calculando, por exemplo, o tempo necessário que a empresa receberá o retorno do investimento empregado, dentre outros indicadores.

Diante disto, o estudo em questão será desenvolvido e aplicado em uma empresa de calcinação no Centro-Oeste de Minas Gerais, situada no município de Pains. O objetivo do estudo é analisar a viabilidade econômico-financeira da implantação de uma correia transportadora no processo de abastecimento de lenha em um alto forno desta calcinação. A proposta é minimizar os custos de mão-de-obra e promover um avanço tecnológico no processo produtivo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar a viabilidade econômico-financeira da implantação de uma correia transportadora no processo de abastecimento de lenha em um alto forno de calcinação, em uma indústria localizada no município de Pains – MG.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar o atual processo de abastecimento do alto forno de calcinação da indústria estudada, determinando seus pontos positivos e negativos;
- Determinar os custos envolvidos no atual sistema de abastecimento do alto forno estudado;
- Comparar tecnicamente o atual sistema de abastecimento com o novo a ser implantado;
- Verificar mudanças na mão-de-obra demandada com a implantação da correia transportadora;
- Adequar o arranjo físico da planta onde será instalada a correia e;
- Utilizar ferramentas da engenharia econômica para avaliar a viabilidade econômico-financeira da implantação da correia transportadora no processo.

3 JUSTIFICATIVA

Com a globalização e a revolução tecnológica que atingiram o mercado no século XXI, fizeram com que aumentasse a competitividade entre as empresas, tornando-se cada vez mais necessário adequar os processos conforme as novas tecnologias para que a empresa possa sobreviver no mercado.

Em certos ramos da economia, percebem-se margens de lucros cada vez menores, então a solução encontrada para manter a competitividade é a diminuição de custos.

Assim, neste trabalho será realizado um estudo de caso em uma empresa de calcinação, analisando a viabilidade de uma mudança no sistema de abastecimento de lenha, com o intuito de verificar a possibilidade de diminuição de custos de mão-de-obra e também melhoraria técnicas no processo.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

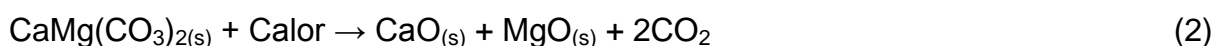
4.1 Processo de calcinação

O calcário é uma rocha sedimentar que apresenta na sua composição 30% de carbonato de cálcio, sendo um produto empregado em inúmeros campos industriais. Sua relevância econômica é mais significativa na produção de cal (PARREIRA, 2010).

O calcário, após extraído, é selecionado e moído e posteriormente encaminhado ao processo de calcinação. A calcinação é o método em que o calcário é submetido a elevadas temperaturas, sem chegar a seu ponto de fusão, de maneira a obter sua decomposição química e eliminação de voláteis (PARREIRA, 2010).

A cal possui muitos benefícios sociais e econômicos e muitas utilidades, ela é derivada dos calcários calcíticos, dolomíticos e conchas calcárias. É obtida através da calcinação, reação química simples que requer conhecimento para atingir um padrão de qualidade (NIQUES, 2003).

A decomposição do calcário resulta na geração de dois produtos – dióxido de carbono e cal. Através desta dissociação térmica de calcários e dolomitos é obtido, respectivamente, os óxidos de cálcio (CaO) e de magnésio (MgO) e dióxido de carbono como subproduto (SOARES, 2007). A representação química das reações de obtenção da cal é a descrita nas Equações 1 e 2.



A calcinação é um processo antigo, com alto consumo de energia ($\approx 1,18 \times 106$ kcal/T) e com diminuição de volume. A perda de fogo, que é o percentual reduzido após a calcinação é de 44% na massa do carbonato para calcário calcítico e 48% para calcário magnesiano, esta perda acontece devido a liberação de CO_2 (BARBOSA, 2014).

Após a calcinação, ocorre a hidratação, que é quando o óxido de cálcio (CaO) entra em contato com água, formando a cal hidratada, que é muito reativa. Uma das

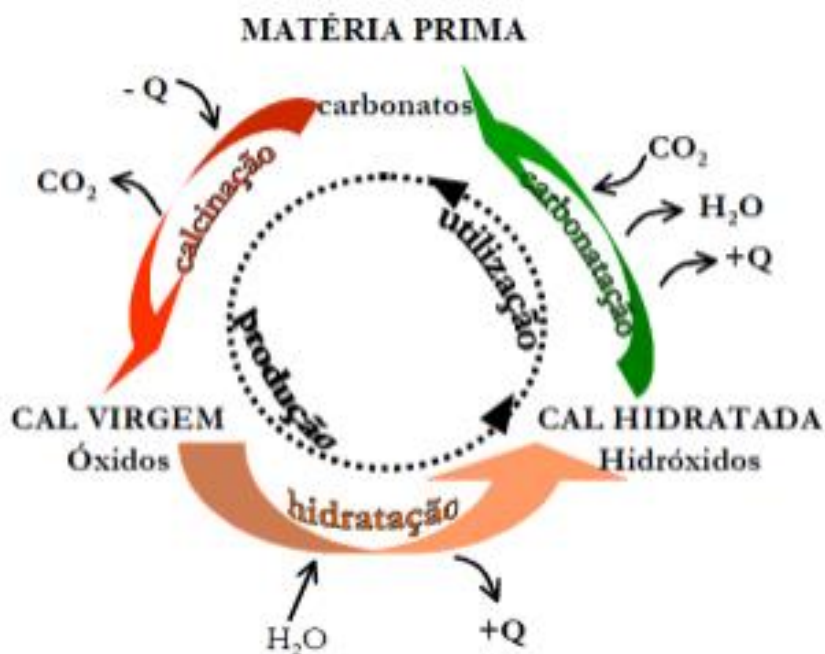
suas aplicações é na construção civil usada como aglutinante, dando liga a elementos como pedra, areia e cimento. A cal hidratada resulta da reação entre os óxidos de cálcio e magnésio presentes na cal virgem quando em contato com a água reagem formando os hidróxidos de cálcio e magnésio, respectivamente. Basicamente a cal virgem em contato com a água forma a cal hidratada demonstrada pela Equação 3, esta reação possui característica exotérmica (FARIA, 2010).



As reações de calcinação a partir do carbonato de cálcio (CaCO_3) formando o óxido de cálcio (CaO) são expressas de acordo com a reação com calcário calcítico (Equação 1) e reação com calcário dolomítico (Equação 2) (FARIA, 2010).

Este ciclo pode ser visto pela FIG. 1

Figura 1 – Ciclo produtivo da cal



Fonte: BARBOSA, [200-].

Segundo Moreira (2011), planejar o arranjo físico de uma certa instalação, significa tomar decisões sobre a forma como serão dispostos os centros de trabalho nessa instalação. No planejamento de arranjo físico irá existir sempre uma

preocupação básica: tornar mais fácil e suave o movimento do trabalho, por meio do sistema, quer esse movimento se refira ao fluxo de pessoas ou de materiais.

O desempenho das instalações, depende fortemente dos seus tipos de layouts. No entanto, a otimização simultânea de outros critérios também é essencial na obtenção de um eficaz arranjo (BOZORGI; ABEDZADEH; ZEINALI, 2015). Dessa forma, a disposição correta de materiais, máquinas e pessoas auxiliam numa boa projeção de arranjo físico que pode gerar bons resultados para as empresas.

Além do arranjo físico, as escalas de serviços devem ser bem planejadas, com boa distribuição de horários e atividades bem definidas, afim de trazer um bom desenvolvimento para o funcionário e ganhos para a organização. Sendo assim, quando se mecaniza algum processo ou atividade em uma organização, ou seja, substitui mão de obra por maquinário, se faz necessário uma reorganização em escalas (NOMURA, 2013).

4.1.1 Etapas do processo produtivo da calcinação

O processo produtivo da cal possui as seguintes etapas: extração do calcário e transporte até o britador, britagem e peneiramento, calcinação do calcário, moagem, hidratação da cal e acondicionamento. As seleções de equipamentos e processos para a produção da cal e exploração do calcário, variam de acordo com: a especificidade do processo, a capacidade de produção, o espaço disponível, a distância entre processos, dentre outros. Por isso, o processo produtivo pode variar em algumas etapas conforme a capacidade da empresa. O Anexo A, exemplifica um processo de calcinação de uma empresa (SAMPAIO; ALMEIDA, 2008; MEDEIROS, 2011).

A extração do calcário acontece por meio do uso de explosivos e equipamentos especiais como as perfuratrizes, em sistemas mais rudimentares utiliza-se rompedor e retroescavadeira. As maiores lavras de calcário do Brasil são as de céu aberto, como ilustra a FIG. 2, subsequentemente ocorre o transporte até o britador, que é feito através de caminhões (CARPIO et al., 2013; JOHN et al., 2014).

Figura 2 – Extração do calcário



Fonte: Solancis, 2017.

A britagem mostrada na FIG. 3 tem como função fragmentar as rochas extraídas e classificar o calcário de acordo com especificações granulométricas através de peneiras. Assim, a separação do material para calcinação exige uma bitola apropriada, o calcário mais fino que não é utilizado na calcinação é reservado para a venda como agregado e para a produção de calcário agrícola. O transporte do calcário até a calcinação usualmente, é feito por meio de correias transportadoras, porém pode ser utilizados caminhões para esta finalidade também. (CARPIO et al., 2013; JOHN et al., 2014).

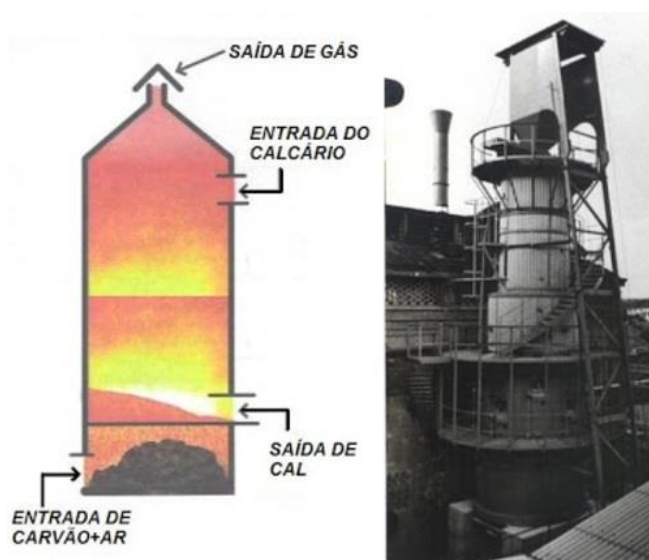
Figura 3 – Britagem



Fonte: Grupo Ferreira, 2017.

No processo de calcinação, ilustrado na FIG. 4, ocorre a decomposição do carbonato de cálcio (CaCO_3), em óxido de cálcio (CaO). Este processo acontece em fornos de diferentes tipos, com temperaturas médias entre 900° e 1350° , por meio da queima de combustíveis. O processo químico que ocorre é basicamente: calcário + calor = cal virgem + dióxido de carbono. A cal virgem é estocada para beneficiamento. (CARPIO et al., 2013; JOHN et al., 2014).

Figura 4 – Calcinação



Fonte: MINNET, 2010.

A moagem é feita por meio de moinhos, que adequa a granulometria da cal virgem de acordo com a destinação final ou à hidratação. Posteriormente a moagem, o material é armazenado em silos ou encaminhado até a hidratação. A hidratação exige um tempo mínimo para a cura do material, por isso requer um maior monitoramento, para evitar a ocorrência de reações exotérmicas e expansivas de produto, este processo ocorre em hidratadores. Existem empreendimentos de calcinação que não utilizam a hidratação no processo, isso varia de acordo com a especificidade do produto final requerido (JOHN et al., 2014) (FIG. 5).

Figura 5 – Moagem



Fonte: Acervo pessoal, 2017.

O acondicionamento é a última fase do processo produtivo, nela o material é armazenado do modo que não perca suas características, mantendo a qualidade, pode ser ensacado ou não, se não for ensacado, ele é transportado por caminhões destinados excepcionalmente para este material (CARPIO et al., 2013) (FIG 6).

Figura 6 – Acondicionamento



Fonte: Acervo pessoal, 2017.

4.2 Fornos para calcinação

Desde a era da construção das pirâmides egípcias, já se fabricava a cal, denominada de “pó branco”, porém sem critérios e apenas com a queima do calcário através de fogueiras, o conhecimento era baseado apenas da prática (SOARES, 2007).

A primeira indústria de cal do mundo, foi construída nos Estados Unidos, no ano de 1675, na cidade de Plymouth Meeting, no estado da Pensilvânia, não relatando o tipo de forno utilizado na época. Na América Colonial, a calcinação do calcário foi um dos primeiros métodos empregados pelos colonizadores, sendo realizado por processos precários. (MEDEIROS, 2011; NUNES, 2014).

De acordo com a Associação Brasileira de Produtores de Cal (ABPC, 2012), no Brasil as primeiras indústrias de cal operavam com os fornos tipo “meda” e “poço” segundo a Associação Brasileira de Produtores de Cal (ABPC, 2012). Fornos tipo poço são geralmente utilizados em fusão de materiais não ferrosos como alumínio e cobre, não são indicados para calcinação do calcário. Apenas no final do século XIX, os fornos começaram a ser substituído por alvenaria, encostados em barrancos, com paredes de tijolos ou pedra, com aspectos ainda artesanais, o fogo era alimentado por carvão ou madeira por 72 horas (SOARES, 2007; MOCELLIN, 2008; MEDEIROS, 2011; NUNES, 2014).

A utilização de conchas calcárias na produção da cal iniciou no estado do Espírito Santo por volta da década de 40. Grandes tanques retangulares abertos eram construídos, com revestimento de tijolos. As conchas eram colocadas junto com o combustível para a queima (lenha ou carvão), brasas eram inseridas para o início da combustão e ventoinhas primitivas inflavam o ar (SOARES, 2007).

Com o avanço de pesquisas e tecnologias, na década de 50, os fornos passaram por inovações relevantes como revestimentos, chaminés, interdependências de focos de calor, novos combustíveis e outros. A fabricação da cal progrediu em grandes indústrias, sendo utilizado fornos industriais horizontais e verticais metálicos, com controle técnico e dando origem a um produto uniforme. O que motivou a evolução dos fornos foi a necessidade de economia de combustível, foram fabricados novos fornos, que demandavam menores quantidades de calor gasta por tonelada de produto gerado, e a substituição da fonte de energia

anteriormente carvão/lenha por óleo combustível (SOARES, 2007; MOCELLIN, 2008; MEDEIROS, 2011; NUNES, 2014).

4.2.2 Tipos de fornos

A simplicidade de reações químicas da calcinação e a alta disponibilidade de reservas de calcário, possibilitaram que unidades artesanais e indústrias de alta tecnologia, sobrevivam no mercado lado a lado. Os grandes centros de consumo impuseram a presença de indústrias de grande porte, abrindo espaço para empresas de pequeno em lugares afastados da área urbana. Os fornos de calcinação se caracterizam de acordo com a matéria prima utilizada, quantidade produzida e tipo de combustível empregado. Há uma grande diversidade de fornos quanto ao tipo, os mais comuns são: de barranco, verticais e rotativos (NUNES, 2014).

4.2.2.1 Forno de barranco

Os fornos do tipo barranco, recebem essa denominação por comumente serem escorados em encostas. São fornos mais simples, de baixa tecnologia, não possuindo todas as fases já apresentadas (SILVA, 2009). Soares (2007) afirma que a maioria do fornos de barrancos são descontínuos medindo de 4 a 5 metros de altura, abertos, com formato tronco-cônica, consomem altíssimos níveis de combustíveis (lenha ou óleo combustível), alguns possuem entradas frontais, e outros apenas superior, o recolhimento de cinzas é feito através de cavidade inferior.

Silva (2009) classifica os fornos de barrancos como contínuos e descontínuos. Os contínuos são fornos de alvenaria com revestimento de tijolos recozidos e refratários, caracterizado por boa construção, escorado em meia encosta e apoiado por suporte metálico, alto e com chaminé boca de fogo, carga e descarga semiautomáticas, tiragem forçada, elevado consumo de combustível 1,7 m³ de lenha por tonelada de cal, sem recuperação de calor, produção em média de 3000 ton/ano. (SILVA, 2009).

Os descontínuos são caracterizados por construções rudimentares, com revestimento ou não de tijolos recozidos; por serem mais baixos, são encostados em pequenas elevações e as fornalhas são formadas por abóbadas de pedra. As cargas

e descargas manuais, tiragem natural, descontínuo, consumo de combustível elevado (superior ao contínuo), chegando à ordem de 2,6 m³ de lenha por tonelada de cal. Não possuem zona de aquecimento e pré-calцинаção, substituídas pela fase es quente. Possuem baixa produção em relação ao contínuo, 1000 ton/ano (SILVA, 2009).

4.2.2.2 Fornos Verticais

A partir dos anos 50 iniciou a utilização de fornos verticais, esta evolução se deu pela necessidade de economia de combustíveis, novos modelos com menor demanda de calor e utilização do óleo combustível. Os países europeus e norte-americanos possuíam maior amparo tecnológico o que propiciou maior desenvolvimento em fornos, com isso, eles ganharam altura, forma cilíndrica, mais zonas de queima, produção contínua, outros combustíveis, entre outros. O consumo de combustível neste tipo de forno é de 1,7 m³ de lenha, os sistemas de carga e descarga, tiragem e isolamento, foram aperfeiçoados e as zonas de calcinação, resfriamento e pré-aquecimento introduzidas no processo. (SOARES, 2007; NUNES, 2014).

Os fornos verticais possuem classificação de metálico de cuba simples e metálico de cubas múltiplas e fluxos paralelos. Os fornos verticais metálico de cuba simples é do tipo AZBE, geralmente constituídos de câmara vertical de 30 metros de altura por 6 metros de diâmetro, contínuo, com tiragem forçada, revestimento refratário e isolante, produção de 350T/dia de cal, consumo de 1,1 m³ de lenha por tonelada ou 132 kg de óleo combustível, carga e descarga automáticas. A inserção de calcário ocorre pela parte superior, passando por todas as zonas do forno, até sua saída inferior (SILVA, 2008; JOHN et al, 2014).

Já os fornos verticais metálicos de cubas múltiplas e fluxos paralelos são do tipo MAERZ, carga e descarga automáticas, revestimento refratário e isolante, tiragem forçada. Produzem em média 144.000 ton./ano, com consumo energético de 89 kg de óleo combustível por tonelada de cal produzida, fluxo de gases de combustão invertidos nas cubas onde uma funciona recuperadora de calor (SILVA, 2008).

John et al. (2014) utilizam ainda outras duas subclassificações destes fornos: fornos verticais de fluxo paralelo regenerativo. Neste tipo, existem dois cilindros

verticais ligados à um canal de passagem, o combustível aplicado na secção superior do forno desce até a zona de calcinação, encontrando com fluxo ascendente de origem inferior que faz o resfriamento da cal virgem, neste processo a alimentação do calcário e a combustão ocorrem alternadamente. E por fim, fornos verticais de eixo anular, é semelhante ao anterior, porém uma parte inferior do cilindro armazena os gases que sobem da combustão aquecida, que diminui a temperatura da calcinação.

4.2.2.3 Fornos rotativos

Fornos rotativos são aplicados em vários ramos industriais, dentre eles a calcinação, são os mais utilizados na calcinação brasileira. Podem ser operados em regimes contínuos ou semi-contínuos. No regime contínuo, a alimentação e descargas são automáticas, visando fluxo constante. Já no regime semi-contínuo, a alimentação e descargas são em bateladas, ou seja, intervaladas por pequenos espaços de tempo, para evitar alteração na temperatura do forno (HARTKE, 2007).

O revestimento é de material refratário (tijolos), assegurando sua integridade estrutural Sua operação acontece com baixo preenchimento, pois o volume do forno sofre interferência do tempo e dos processos de transferência de calor (por gases quentes ou radiação por chama) e de massas. Em relação ao aquecimento da carga no forno rotativo, pode ocorrer de sua maneiras: direta, onde se injeta gases através de queimadores; e indireta, onde o aquecimento ocorre a partir de suas paredes, seja por convecção de gases em temperaturas elevadas ou uso de resistências elétricas. Seu comprimento é variável, entre 18 e 137 metros de largura; rotação de 0,5 a 0,85 RPM; a produção é relativamente alta entre 500 a 1500 t/dia de cal. Possuem trocadores transversais, recuperadores de calor e pré-aquecedores. O combustível energético operado para este tipo de forno é óleo combustível ou carvão pulverizado, em média 500 ton/dia (HARTKE, 2007; SOARES, 2007).

John et al. (2014) em seu estudo subclassifica os fornos rotativos como: longo rotativo e horizontal rotativo com pré-aquecedor. Os longos rotativos atingem em média 150 metros e diâmetro de 2 a 4,5 metros, com inclinação de 1 a 4°, seu consumo energético é elevado, o calcário é introduzido na parte superior e a combustão ocorre na parte inferior, posteriormente a cal é transferida para a zona de resfriamento. Já os fornos horizontais rotativos com pré-aquecedor, medem até 90

metros, possuem uma zona a mais que o anterior, que é o pré-aquecedor, possuem menor gasto energético devido à baixas perdas de calor.

4.3 Principais combustíveis

Os principais combustíveis utilizados em fornos para calcinação de calcário para a obtenção da cal virgem são: gás natural; coque de petróleo; carvão mineral ou vegetal (granulado ou em pó); lenha e seus provenientes em toras, lascas ou serragem adequadamente legalizadas de acordo com legislação vigente; combustíveis não tradicionais com aprovação previa do órgão competente. Cada tipo de forno, demanda um tipo de combustível, 30% dos fornos utilizam coque de petróleo, 20% gás natural, 20% lenha, 20% óleo combustível e 10% carvão (SILVA, 2009).

O coque de petróleo é um combustível sólido resultante do processamento do petróleo, sua aparência é semelhante à do carvão, poroso e de cor negra. É composto por carbono, hidrocarbonetos, enxofre, nitrogênio, oxigênio e metais em diversas quantidades. Possui elevado poder calorífico, baixo teor de cinzas, e gera menor impacto ambiental. Por esse motivo, vem sendo substituído pelo carvão, ganhando maior valor de mercado e beneficiando diversas aplicações energéticas, dentre elas a calcinação (PETROBRÁS, 2015).

O gás natural é um hidrocarboneto em estado volátil e baixa densidade derivado da decomposição de matéria orgânica. Encontra-se no subsolo, em rochas porosas, e pode estar ou não associado ao petróleo. Em casos de associação ao petróleo, a matéria orgânica entra em decomposição, dá origem primeiramente ao petróleo e no final de seu estágio o gás natural. É composto basicamente por metano, etano, propano e outros gases em menores quantidades. É inodoro, mais leve que o ar atmosférico e menos poluente em relação aos demais combustíveis fósseis (ANEEL, 2008).

Já a madeira é constituída basicamente por 50% de carbono, 6% de nitrogênio e 44% de oxigênio, dependendo da espécie. Quimicamente a madeira é heterogênea, sendo constituída por 3 principais polímeros: celulose (50%), hemicelulose (20%) e lignina (30%). O uso da madeira como combustíveis fósseis podem ser divididos em 2 grupos: primária que é a combustão da própria madeira

(lenha); secundária, que utiliza a madeira como matéria prima (carvão vegetal, etanol, entre outros) (DONINI et al., 2010).

Hoje em dia, a lenha ainda é representativa no balanço energético do Brasil, é utilizada como combustível doméstico e industrial (desde fábricas de cimento até o uso em fogões). As características da lenha como a composição, densidade, Poder Calorífico Inferior (PCI) e temperatura teórica de combustão, são de extrema importância e devem ser levados em conta na escolha do combustível. Estes fatores são variáveis no caso da madeira, cada espécie de madeira possui características próprias. O PCI varia de acordo com o combustível, no caso da lenha de eucalipto por exemplo possui aproximadamente 20% de umidade. Contudo, o que se pode afirmar é que a lenha possui temperatura de combustão relativamente baixa se comparado com a dos óleos combustíveis. A lenha é uma fonte de custo baixo, simples extração e parte de sua aplicação envolve baixa tecnologia (NASCIMENTO, 2007; URBANO, 2013).

O carvão vegetal é obtido por meio da transformação de lenha em carvão, conhecida como carbonização, sendo uma fonte de energia renovável. Muito utilizado no setor industrial, principalmente em siderurgias de ferro-gusa e ferro-liga e indústrias de cimento. A produção de carvão vegetal no Brasil ainda é oriunda de florestas nativas, apesar de ter aumentado a produção de florestas plantadas, como o eucalipto. Abordando-se a questão ambiental, a combustão do carvão vegetal favorece o desmatamento, devido a sua origem vegetal, porém sua fabricação dentro de parâmetros legais, minimizam esse fator (UHLIG; GOLDEMBERG; COELHO, 2008).

O carvão mineral tem origem fóssil, é originado pela decomposição da matéria orgânica (restos de árvores e plantas) durante milhões de anos, sob determinadas condições de temperatura e pressão, sendo composto principalmente por composto por enxofre, nitrogênio, oxigênio e hidrogênio. O que delimita a qualidade do carvão mineral é o poder calorífico e o nível de impurezas, onde os de baixa qualidade são caracterizados como linhito e sub-betuminoso e os de alta qualidade hulha, subdividida nos tipos betuminoso e antracito. É o combustível fóssil de maior disponibilidade mundial, porém é o mais poluente (ANEEL, 2008).

Já o óleo combustível é um produto utilizado para geração de energia térmica em fornos e caldeiras, composto por uma mistura complexa de processamento de petróleo, onde a base é o resíduo de destilação a vácuo. Dependendo do tipo de

indústria, existem diversos sistemas para a queima do óleo combustível, diferenciando-se entre si, principalmente, pelo tipo de queimador. Os óleos combustíveis industriais são agrupados pela viscosidade; teor de enxofre divididos em dois grupos alto teor de enxofre (2,5%, ATE) e baixo teor de enxofre (1%, BTE), e alto e baixo ponto de fluidez (PETROBRÁS, 2013).

O poder calorífico dos combustíveis é a variação de temperatura durante a queima. Podem ser classificados como inferior, quando se refere a energia disponível e superior, que é a formação de vapor de água durante a combustão (NEIVA, 2014). Os níveis de poder calorífico inferior (PCI) de diferentes combustíveis são mostrados na TAB. 1.

Tabela 1 – Poder calorífico inferior de combustíveis

Combustível	PCI
Coque	7200 kcal/kg
Gás Natural	9065 k cal/m ³
Madeira (seca)	44800 kcal/kg
Madeira (verde)	2500 kcal/kg
Óleo Combustível 1 ^a	9750 kcal/kg
Óleo Combustível 1B	9940 kcal/kg
Óleo Combustível 2 ^a	9550 kcal/kg
Óleo Combustível 2B	9920 kcal/kg
Óleo Combustível 3 ^a	9950 kcal/kg
Óleo Combustível 3B	9870 kcal/kg
Carvão mineral (Cambuí/PR)	6200 kcal/kg
Carvão mineral (Charqueadas/RS)	3100 kcal/kg
Carvão mineral (Mina do Leão/RS)	4200 kcal/kg
Carvão mineral (Tubarão/SC)	4500 kcal/kg
Carvão vegetal	7500 kcal/kg

Fonte: Adaptado LEÃO, 2012 apud ALBORG INDUSTRIES (2012).

Para que os combustíveis tenham bom aproveitamento no processo de calcinação, é necessário boa distribuição no forno e calor para gerar a reação química. Estes fatores provocam interferência direta na qualidade do produto e nos custos do processo produtivo, por isso a escolha do combustível deve ser criteriosa e bem planejada (SOARES, 2007).

4.4 Meios de alimentação

Os meios de alimentação de fornos de calcinação variam de acordo com o tipo de forno, o nível tecnológico da empresa e o tipo de combustível utilizado. Os meios de alimentação são caracterizados de acordo com os tipos de cargas e descargas. Sendo os mais comuns nas indústrias de calcinação da região Centro-Oeste de Minas Gerais são os: automáticos, semiautomáticos e manuais. Os combustíveis mais utilizados nesta região é o carvão vegetal, o coque e petróleo e lenha de eucalipto (LEÃO, 2012).

O termo automático indica que uma a pessoa foi substituída por máquinas, controlador ou qualquer outra substituição que dispense a atividade manual. No meio de alimentação em fornos de calcinação, em processo que utiliza uma correia transportadora para fazer a carga e descarga automática em forno, é um meio automático. Sendo realizado o mesmo processo, porém com carga manual, classifica a alimentação como semiautomático. Estes processos diminuem a demanda dos mesmos, visto que nos dois casos a correia fará a descarga automaticamente. No lugar de correias transportadoras é comum também o uso de carrinhos automáticos, que necessitam de carga manual e descarga automática (FRANCHI, 2015).

O mesmo autor afirma ainda que atividades que envolvem ações humanas de ajuste são chamadas sistemas manuais. Nos meios de alimentação manuais de forno de calcinação, a carga e descarga são realizadas manualmente, sendo este um processo simples, que necessita do trabalho braçal para ser realizada. Existem empresas de calcinação que utilizam um suporte de combustível (lenha) visualizado na FIG. 7, carregado e empurrado manualmente até a abertura de alimentação do forno, suspenso em vigas. Este movimento é realizado inúmeras vezes, mantendo a temperatura correta do forno.

Figura 7 - Suporte para abastecimento de combustível em forno de calcinação

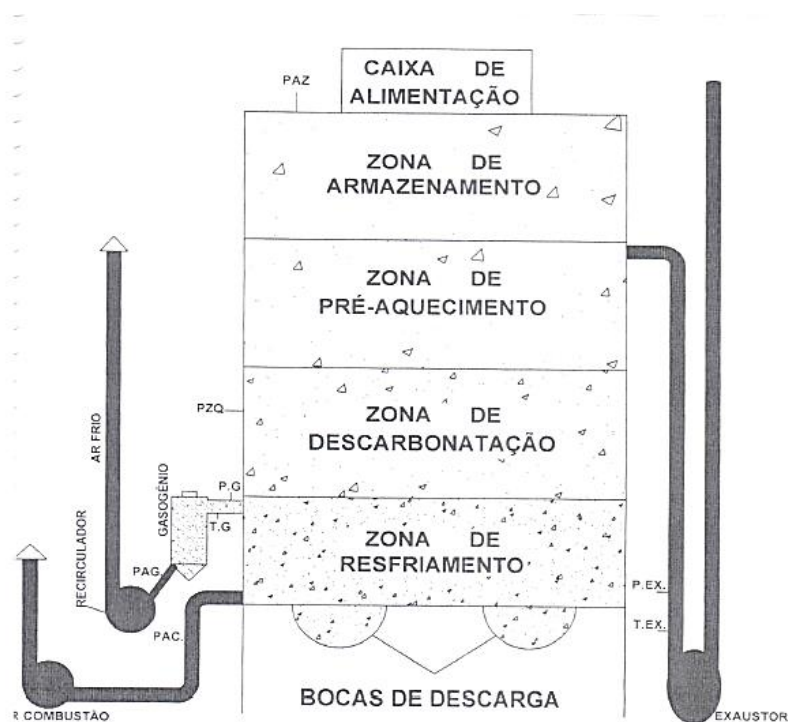


Fonte: Acervo pessoal, 2017.

4.5 Operação de fornos de calcinação

Os fornos para calcinação podem ser divididos em quatro zonas: armazenamento, pré-aquecimento, descarbonatação e resfriamento, como representado na FIG. 8 (FARIA, 2010)

Figura 8 – Divisão em zonas de forno de calcinação



Fonte: FARIA, 2010.

Na zona de armazenamento o calcário (CaCO_3) fica depositado, enquanto que na zona de pré-aquecimento começa o aquecimento do calcário pelo calor resultante da passagem dos gases. Existem fornos que possuem essa fase dividida, em pré-aquecedores externos ou na parte superior dos fornos. O aquecimento feito segundo uma “razão de aquecimento” adequada, até atingir a temperatura de decomposição (SOARES, 2007).

A zona de descarbonatação é onde ocorre a combustão de gás, proveniente do gasogênio, (Monóxido de carbono, CO) o qual libera calor, provocando a dissociação do carbonato de cálcio, transformando-o em óxido de cálcio e liberando o gás resultante da descarbonatação, CO_2 (gás carbônico). A descarbonatação se dá por meio da ação do calor que é obtido no forno através da queima de algum combustível. O calcário que já estava a 900°C , temperatura suficiente para que ocorra a descarbonatação, é superaquecido a 1100°C liberando todo o CO_2 formando assim o óxido de cálcio e magnésio (FARIA, 2010).

Na zona de resfriamento o óxido de cálcio (cal virgem) recebe um choque térmico do ar frio da atmosfera o qual é introduzido no forno por um ventilador, o chamado “ar de combustão”. Ao sair, a cal é resfriada de 1100°C a 80°C na zona de resfriamento. O resfriamento acontece na zona de descarga, geralmente por intermédio de ar insuflado, que vai servir também como ar secundário de combustão do próprio forno (SOARES, 2007; FARIA, 2010).

Por fim, na zona de descarga do forno as características do produto já são determinadas, como a reatividade, presença ou ausência de núcleo e supercalcinação. A relevância da duração nas últimas regiões do forno está associada a sinterização do produto ou finalização da calcinação (SOARES, 2007).

Existem fatores que influenciam na calcinação, como a temperatura dos fornos que delimita a qualidade da cal resultante do processo; a análise da composição das rochas antes de serem depositadas nos fornos; o desempenho satisfatório de todas as zonas dos fornos e o combustível, seu aproveitamento e distribuição no forno. Todos estes fatores devem ser levados em conta na operação de um forno de calcinação (SOARES, 2007; FARIA, 2010).

4.5.1 Custos operacionais

Os custos operacionais são custos relativos à produção dos itens fabricados. Eles podem ser tratados de forma agregada, ou, detalhando seus componentes como mão de obra, matéria prima, maquinário, equipamentos, energia elétrica, combustíveis, gastos administrativos, dentre outros (MOTTA; CALÔBA, 2006).

A identificação, análise e alocação de custos dos processos de uma organização, têm como objetivo gerenciar adequadamente seus recursos. A verificação de custos operacionais permite uma melhor mensuração de gastos, pois relaciona a necessidade e o orçamento necessário para atender a mesma. Com isso, investe-se onde realmente é crucial, evitando custos desnecessários (KHOURY; ANCELEVICZ, 2000).

Os custos operacionais são fixos e variáveis em curto prazo, segundo a microeconomia. Conforme ela, ainda, em longo prazo todos os custos variam. Contudo, na etapa de elaboração do projeto, colocam-se os custos como fixos e variáveis a cada ano. Nesta, a praxe é o horizonte dos custos ser discriminado em dez anos; o ano zero é o dos investimentos. Os principais custos fixos são os de manutenção, depreciação, seguros, mão-de-obra indireta (ou administrativa), inclusive respectivos encargos sociais, custos financeiros de longo prazo, entre outros. Os principais custos variáveis são os realizados com a mão-de-obra direta, inclusive encargos respectivos, energia, água, matéria-prima, materiais secundários, de embalagem, comissões sobre vendas, propaganda, impostos, também, entre tantos (BRITO, 2011).

Existem custos diretos e indiretos. Os custos diretos têm relação com o produto ou com volume, são os custos primários de uma operação constitui no fornecimento de material e de pessoal: mão de obra em geral, matérias primas, eletricidade, água entre outros. Os custos indiretos com relação ao produto ou fixos são aqueles que são considerados independentes da produção. Estes tipos de custos podem variar com o nível de produção projetado, porém não é uma relação direta ou inversa com a produção obtida (BORGES, 2013).

O cálculo da mão de obra, por exemplo, e os encargos sociais a ela direcionados representam um custo de determinação não tão evidente quanto se poderia supor, sendo calculados por estimativa das horas produtivas anuais de um operário na produção (CASAROTTO FILHO; KOPITKE, 2010).

Os custos referentes à área ocupada por máquinas, produtos em processo ou estoques devem ser considerados da comparação de equipamentos ou processos. Estes custos podem ser esquecidos pelas organizações, o que pode causar um descontrole econômico (CASAROTTO FILHO; KOPITTKE, 2010).

4.6 Análise econômica e financeira de investimento

Analisar a viabilidade econômico-financeira de um projeto é estabelecer e verificar os aspectos de desempenho financeiro do produto e dos serviços relacionados à resultante do projeto. Os indicadores econômicos são utilizados para analisar a vida econômica e financeira de qualquer organização ou instituição. Estas análises são diretamente relacionadas com a tomada de decisão (RODRIGUES; ROSENFELD, 2017; CADORE; GIASSON, 2012)

A análise econômico-financeira supervisiona a taxa de retorno financeiro de determinado projeto, direcionando o investimento em negócios seguros, com possibilidade de crescimento. Esta primeira análise é de extrema importância, evitando investimentos sem sucesso. Os principais fatores que podem ser alterados ao longo do tempo em função do mercado são as vendas idealizadas, os preços e surgimento de novos custos. Os indicadores de viabilidade dependem de características do empreendimento e do empreendedor e podem ser, entre outros: o valor presente líquido, a taxa interna de retorno, o período de retorno do investimento (Payback) e os índices de lucratividade (FARIA, 2014).

O objetivo final da análise econômico-financeira é realizar um planejamento consolidado, evitando agir sob tentativas de erros e acertos, por suposições, isso pode resultar em graves consequências. Os resultados das análises proporcionam orientação de grande importância para as decisões a serem tomadas (SANTOS; OLIVEIRA, 2010).

4.6.1 Taxa Mínima de Atratividade

A taxa mínima de atratividade é o retorno mínimo esperado pelo investidor ao implementar seus projetos. Entretanto, a taxa mínima de retorno exigida em investimento, não é simples, visto que esta definição depende, também, do perfil do próprio investidor (CAMLOFFSKI, 2014).

Mokrzycki (2012) afirma que a TMA depende de três fatores: o custo de oportunidade, o risco do negócio e a liquidez do negócio.

A taxa mínima de atratividade representa o retorno mínimo de acordo com os recursos aplicados. O custo de oportunidade do capital representa o quanto o empreendimento poderia obter de retorno ao utilizar o recurso em alternativas de risco similar. No risco do negócio o ganho deverá ser apropriado aos riscos que a empresa está exposta no mercado em que passará a operar. Já a liquidez é descrita como a capacidade e a velocidade com que a organização consegue flexionar sua posição no mercado. (MOKRZYCKI, 2012; ENDE; REISDORFER, 2015).

A TMA não é calculada como a taxa interna de retorno. A TMA é definida por gerentes (financeiros) é utilizada como um critério, em relação ao qual uma taxa de retorno da alternativa é comparada, para verificar a viabilidade de aceitação ou rejeição o projeto de investimento (BLANK, 2011).

4.6.2 Valor Presente Líquido (VPL)

O método de cálculo do valor presente líquido (VPL) apura, em valores atuais, o ganho financeiro previsto para o projeto. Para tanto, é necessário descapitalizar todos os valores constantes no fluxo de caixa e diminuir este resultado pelo investimento inicial (CAMLOFFSKI, 2014, GITMAN, 2014)

O valor presente líquido (VPL) é uma ferramenta utilizada na análise da viabilidade de um projeto de investimento, especificando quanto falta para que a renda do investimento alcance a taxa desejada. Se ele for negativo, o retorno do projeto é menor que o valor do investimento, se tornando inviável. Se ele for positivo, o retorno do projeto pagará o valor do investimento, o que o torna viável (BRIGHAM; GAPENSKI; EHRHARDT, 2001).

O método de VPL possui vantagens e desvantagens. Dentre as vantagens, considera-se: que todos os capitais do fluxo de caixa são incluídos; por incluir o TMA no cálculo consideram-se os futuros riscos; pode ser aplicado em qualquer fluxo de caixa; indica se o investimento deve ser aceito ou rejeitado; pode-se somar o VPL's individuais. Destaca-se dentre as desvantagens: a necessidade de conhecer o TMA e por este método apontar um valor monetário e não uma taxa de juros (BRUNI; FAMÁ; SIQUEIRA, 1998).

O VPL é calculado segundo a Equação 4 (GITMAN, 2014):

$$VLP = -FC_0 + \sum_{j=1}^N \frac{FC_j}{(1+TMA)^j} \quad (4)$$

Onde:

FC₀ = corresponde ao investimento inicial (R\$);

FC_j = corresponde ao fluxo de caixa líquido no tempo j (R\$);

Σ = corresponde ao somatório da data “1” até a data “N” (tempo);

TMA = Taxa Mínima de Atratividade.(%).

Com base em seu resultado, o gestor analisa a viabilidade de aceitação do projeto. (GITMAN, 2014).

- VPL > 0, projeto aceito;
- VPL < 0, projeto rejeitado;
- VPL = 0, projeto não traz benefícios nem prejuízos.

Ross, Westerfield; Jaffe (1995) julgam razoável o método VPL, pois este considera os seguintes atributos: fluxos de caixa, fluxos de caixas de projeto e fluxos de caixa descontados.

Contudo, não se deve utilizar somente o VPL como indicador de viabilidade de projeto, pois se o valor for positivo e baixo para um projeto de longa duração, o fluxo de caixa pode ficar negativo a fim de recuperar o investimento. O ideal é a combinação de diversos indicadores em tomadas de decisões, para aumentar a garantia de sucesso (RODRIGUES; ROSENFELD, 2017).

4.6.3 Taxa Interna de Retorno (TIR)

A Taxa Interna de Retorno (TIR), é a taxa de juros que torna o valor presente do projeto igual à zero. Em outras palavras, é a taxa de juros que torna o valor presente dos benefícios igual ao valor presente dos custos. É a rentabilidade projetada do investimento, ou seja, quanto está se estimando ganhar (%) de acordo com o orçamento de caixa definido. (GOMES, 2013; CAMLOFFSKI, 2014).

A Equação 5 apresenta o cálculo de TIR (GOMES, 2013):

$$VP(i) = \sum_{j=0}^n \frac{(fcx)_j}{(1+i)^j} = 0 \quad (5)$$

Onde:

$VP(i)$ = valor presente do fluxo de caixa à taxa de juros i na data zero (R\$);

n = número de fluxos de caixa (quantidade de fluxos de caixa);

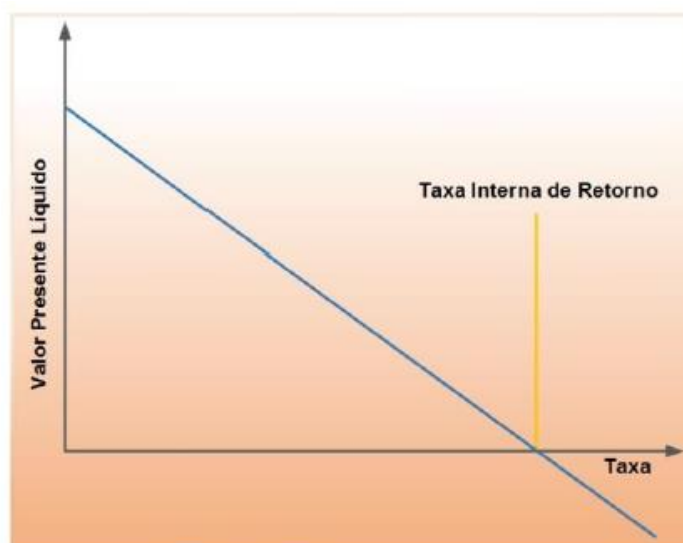
$(fcx)_j$ = fluxo de caixa do período j (R\$);

i = taxa de juros por período.(%).

Dada uma alternativa de investimento, se a taxa de retorno calculada, for maior que a taxa mínima de atratividade do mercado, a alternativa merece atenção. Caso contrário, a alternativa será rejeitada. Portanto, ao rejeitar um projeto com nível de investimento I , esse volume de recursos será então investido para ser remunerado à taxa mínima de atratividade (MOTTA; CALÔBA, 2006).

A TIR é a taxa que torna o VPL igual à zero (FIG. 9), sendo a taxa de juros mínima que faz com que o projeto não traga prejuízo à empresa. A TIR menor que a taxa de atratividade indica que o projeto é economicamente inviável. A TIR maior indica que o projeto é economicamente atrativo, já uma TIR igual à taxa de atratividade indica que o projeto não traz vantagens econômicas à empresa (BONORA, 1996).

Figura 9 - O conceito da Taxa Interna de Retorno



Fonte: RODRIGUES; ROSENFELD, 2017.

O Quadro 1 apresenta as vantagens e desvantagens do TIR.

Quadro 1 – Vantagens e desvantagens de TIR

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Está diretamente relacionada com o VPL, geralmente proporciona a mesma decisão	Para fluxos de caixas não convencionais há a possibilidade que mais de uma taxa de desconto faça com que o VPL de um investimento seja zero.
Fácil compreensão e comunicação	Pode levar as decisões erradas na comparação de projetos de investimentos mutuamente excludentes, onde existe apenas uma opção de investimento.

Fonte: Adaptado de SILVA, 2013 apud PESSOA, 2006.

4.6.4 Tempo de retorno do investimento (*Payback*)

O cálculo do *payback*, como o próprio nome sugere, demonstra em quanto tempo o investimento será recuperado. Quanto menor o *payback*, maior a liquidez do projeto e, portanto, menor o seu risco. É utilizado como referência para julgar a atratividade relativa das opções de investimento. Deve ser encarado com reservas, apenas como indicador, não servindo para a seleção entre alternativas de investimentos (CAMLOFFSKI, 2014; MOTTA, CALÔBA, 2006).

Existem dois tipos de *payback* simples e ajustado. O simples mede o período necessário para que os retornos superem o investimento, sem considerar o custo de capital da empresa. Este é um método inicial de análise, devido à simplicidade de estudo e aplicação (GITMAN, 2001). Já o *payback* ajustado, é o aperfeiçoamento do simples, sendo apurado a partir da projeção do fluxo de caixa onde se aplica uma dada taxa de custo de oportunidade, ou seja, desconta-se o fluxo de caixa (FREZATTI, 2008).

O método de *payback* determina se o investimento de projeto é viável quando seu período de retorno acontece em predeterminados anos. Ainda dentro do critério de decisão, se o *payback* for menor que o período máximo aceitável de *payback*, aceitar o projeto; se o período de *payback* for maior que o período máximo aceitável

de *payback*, rejeitar o projeto (ROSS; WESTERFIELD; JAFFE, 1995. GITMAN, 2014).

As vantagens e desvantagens do *payback* são mostradas Quadro 2.

Quadro 2 – Vantagens e desvantagens do *payback*

<i>Payback</i>	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Simple	Simplicidade: já que não exige nenhuma sofisticação de cálculos, apenas sucessivas subtrações. Serve como parâmetro de liquidez (quanto menor, maior a liquidez de projeto) e de risco (quanto maior, menor o risco de projeto).	Não considera o custo de capital, o valor do dinheiro no tempo. Não considera todos os fluxos de caixa.
Descontado	Considera o valor do dinheiro no tempo.	Não considera todos os fluxos de caixa do projeto

Fonte: Adaptado BRUNI; FAMÁ; SIQUEIRA, 1998.

Além de todos indicadores de viabilidade econômica financeira, em uma organização, se faz necessário observar e analisar o arranjo físico ou *layout*.

4.6.5 Depreciação

A depreciação é uma forma contábil de considerar o desgaste de máquinas e equipamentos como parte dos custos de produção. Neste ponto convém salientar, que a forma contábil costuma estar totalmente desvinculada da forma real. A forma contábil pode ser estabelecida e controlada por meios legais, enquanto a forma real depende de muitos outros fatores que variam de caso a caso. (EHRlich; MORAES, 2013).

A legislação permite diversas formas de contabilizar a depreciação. Em grande número de casos, permite-se depreciar, anualmente, 10% do valor inicial de um equipamento; isto naturalmente ao longo de dez anos. Veículos podem ser depreciados 20% por ano durante cinco anos. Imóveis são normalmente depreciados em 20 anos. Desde que devidamente justificadas ou autorizadas, outras formas de depreciação também podem ser utilizadas. Um veículo depreciado em cinco

anos passa a ter um valor contábil nulo após cinco anos; entretanto, dependendo do modo de utilização, ele poderá continuar sendo utilizado por muito mais tempo; seu desgaste físico poderá ser bem mais lento que seu tempo de depreciação contábil. (EHRLICH; MORAES, 2013)

A depreciação entra contabilmente como custo, reduzindo os lucros contábeis, sobre os quais incide o Imposto de Renda. Quanto mais pudermos depreciar, menos impostos pagaremos. Quanto mais acelerada puder ser a depreciação, a redução do imposto ocorrerá mais cedo; e quanto mais cedo tivermos o dinheiro na mão, melhor. Mesmo que um equipamento tenha uma vida longa, convém depreciá-lo da maneira mais acelerada possível. É perfeitamente normal um equipamento já totalmente depreciado estar em perfeitas condições de funcionamento e continuar sendo utilizado (mas não mais depreciado). (EHRLICH; MORAES, 2013)

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Descrição da empresa

O estudo de caso proposto foi realizado em uma empresa no ramo de calcinação no município de Pains - MG, no Centro-Oeste mineiro. A empresa atua no mercado desde 1974 e dispõe de apenas um forno de calcinação, do tipo vertical AZBE, com produção média de 100 toneladas/dia.

Atualmente a empresa produz cal virgem dolomítica, sendo seus produtos são destinados para a siderurgia. Os produtos comercializados pela empresa são transportados a granel.

5.2 Abordagem

Este estudo de caso analisou a viabilidade econômica financeira da substituição do atual sistema de abastecimento de lenha do forno de calcinação da empresa; visto que o atual sistema de abastecimento é realizado manualmente, exigindo assim despendimento de mão de obra exclusiva para a realização da tarefa. Foi proposto, então, a substituição do atual modelo, por uma correia transportadora, que tornará o processo semiautomático, diminuindo gargalos no processo de abastecimento e também a necessidade de mão de obra.

Para determinar a viabilidade da substituição do atual modelo de abastecimento não foram consideradas apenas questões econômicas, mas também questões técnicas relativas ao processo, analisando se o sistema proposto acarretará em melhorias no processo de abastecimento.

A escolha da correia transportadora para a realização do estudo de caso foi realizada através de consulta com empresas especializadas em montagem industrial na região (fornecedores de mão de obra).

Para a determinação da viabilidade técnica, foi realizada uma análise comparativa dos dois sistemas, considerando:

- ✓ Mão-de-obra necessária para a operação de cada processo;
- ✓ Capacidade de armazenagem de lenha, que será calculada em m³ de lenha;
- ✓ Estabilidade do processo e despendimento com manutenção.

Foi realizado um estudo do arranjo físico da planta do processo de abastecimento, para determinar se o local permite a implantação da correia transportadora de lenha.

Para determinação dos custos materiais necessários para a implantação da correia transportadora, foram realizadas consultas em três empresas especializadas em montagem industrial da região, incluindo mão-de-obra de montagem e excluindo itens de baixo valor, sendo pesquisados os seguintes itens:

A lista dos materiais necessários para a implantação da correia são:

- 38 cantoneiras 2.1/2" x 5/16" x 6000 mm;
- 32 cantoneiras 2" x 1/4" x 6000mm;
- 01 cantoneira 3" x 3/8" x 6000mm;
- 01 barra chata 3" x 5/16" x 6000mm;
- 01 chapa aço 1/4" x 1500 mm x 3000 mm;
- 01 chapa de aço 3/8" x 1500 mm x 20000 mm;
- 01 barra aço redondo trefilado 2.1/2" x 3000 mm;
- 165 roletes de carga 1100 mm (comprimento) x 100 mm (diâmetro) x 14 mm(encaixe do eixo);
- 65 metros de correia transportadora 42", 03 lonas, cobertura superior borracha 1/4" e cobertura inferior 1/16".
- 01 motorreductor (motor 5 cv, redução 1/350 rpm);
- 04 mancais SNA 515;
- 04 rolamentos 22215;
- 04 buchas H 315.

5.3 Análise financeira

A análise financeira determinou se o projeto é viável no âmbito econômico, para a determinação da mesma foram utilizadas ferramentas da Engenharia Econômica para estabelecer qual o prazo o investimento deverá retornar para os cofres da empresa, a quais taxas em termos temporais (mensais, anuais) retornará, entre outros parâmetros que determinam a viabilidade econômica da implantação da correia transporta.

Uma das ferramentas utilizadas no cálculo de viabilidade é o Valor Presente Líquido (VPL), que indicou quanto o investimento inicial vale com o decorrer do tempo, ou seja, o capital que a empresa investir hoje não terá o mesmo valor futuramente, como mostrado na Equação 6 (GITMAN, 2014):

$$VLP = -FC_0 + \sum_{j=1}^N \frac{FC_j}{(1+TMA)^j} \quad (6)$$

Em que:

FC_0 = corresponde ao investimento inicial (R\$);

FC_j = corresponde ao fluxo de caixa líquido no tempo j (R\$);

Σ = corresponde ao somatório da data “1” até a data “N” (tempo);

TMA = Taxa Mínima de Atratividade (%).

Outra ferramenta utilizada foi a Taxa Interna de Retorno (TIR), que é a taxa de juros que torna o valor presente do projeto igual à zero. A TIR apresenta com qual taxa de juros o investimento retornará para a empresa e calculado conforme Equação 7 (GOMES, 2013):

$$VP(i) = \sum_{j=0}^n \frac{(fcx)_j}{(1+i)^j} = 0 \quad (7)$$

Sendo:

$VP(i)$ = valor presente do fluxo de caixa à taxa de juros i na data zero (R\$);

n = número de fluxos de caixa (quantidade de fluxos de caixa);

$(fcx)_j$ = fluxo de caixa do período j (R\$);

i = taxa de juros por período (%)

Outro parâmetro importante para definir a viabilidade econômica de um projeto, é calcular quanto dependerá para que todo capital investido retorne para o investidor. Essa ferramenta é o *Payback*, e utilizada para medir qual o prazo para que o investimento na correia transportadora voltará para os cofres da empresa em estudo.

Foi escolhido o *Payback* descontado, pelo método do valor presente líquido, para o cálculo de quanto tempo será necessário para que o capital retorne totalmente para a empresa porque esse modelo considera o valor do dinheiro no tempo e leva em conta o custo de capital da empresa.

Foi calculado também o índice de lucratividade do investimento, que analisa a proporção de cada real investido versus a quantidade de valor correspondente ao valor investido, sendo o lucro dado por:

$$IL = \frac{\text{valor presente das entradas de caixa}}{\text{investimento inicial}} \quad (8)$$

Sendo:

Lucro: O ganho real obtido por real investido (R\$);

IL: Índice de lucratividade (R\$);

Para o cálculo da depreciação da correia transportadora, foi estabelecido que a mesma terá uma vida útil de aproximadamente 20000 horas (aproximadamente 15 anos), e que após esse período a sucata da transportadora valerá 20 % do valor gasto para sua fabricação, calculado por:

$$\text{Depreciação} = \frac{\text{Valor investimento inicial} - \text{Valor sucata}}{n} \quad (9)$$

Sendo:

Depreciação: A desvalorização do equipamento por hora trabalhada;

Valor de investimento inicial: O investimento necessário para implantação da correia;

Valor de sucata: O valor de descarte da correia transportadora após sua vida útil;

Foi considerado também o custo de manutenção durante a vida útil da correia transportadora, considerando que esses custos serão 50 % do valor médio do investimento, calculado por:

$$\text{Custo médio} = \frac{\text{Valor investimento inicial} + \text{Valor de sucata}}{2} \quad (10)$$

Sendo:

Custo de médio: o custo de médio da correia transportadora;

Valor de investimento inicial: O investimento necessário para implantação da correia;

Valor de sucata: O valor de descarte da correia transportadora após sua vida útil.

$$\text{Custo de manutenção} = \frac{\text{Custo médio}}{2} \quad (11)$$

Sendo:

Custo de manutenção: O custo de manutenção durante a vida útil da correia transportadora;

Custo médio: o custo médio da correia transportadora.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Análise do atual sistema de abastecimento de lenha

O atual sistema de abastecimento de lenha da empresa estudada é simples, composto por vigas em “I” que ficam suspensas, onde duas “gaiolas” são anexadas, que se movimentam empurradas manualmente por um funcionário por todo o perímetro do depósito de lenha. Estas são carregadas manualmente, e levadas até a abertura do gasogênio, para posterior abastecimento do alto forno de calcinação.

Imagem ilustrativa do o atual sistema de abastecimento é apresentada na FIG. 10.

Figura 10 – Sistema de abastecimento



Fonte: O autor, 2017.

Por sua simplicidade simples, envolve custos baixos de manutenção, como lubrificação e limpeza dos componentes.

As gaiolas que fazem o transporte da lenha tem capacidade para carregar 1,3 m³ de lenha.

O consumo médio diário de lenha, em m³, durante o primeiro semestre de 2017, pode ser visto na TAB. 2.

Tabela 2 - Consumo médio de lenha (m³) no alto forno da empresa avaliada

Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Média
71,42	70,1	69,4	69,89	68,82	67,25	69,48

Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

Considerando que o consumo médio é de 69,48 m³ de lenha diariamente, são necessárias aproximadamente 54 gaiolas cheias de lenha sejam despejadas no gasogênio, ou seja, 27 gaiolas por turno.

A empresa estudada trabalha em dois turnos de 12 horas cada, para a operação exclusiva do forno, são designados 01 forneiro e 01 ajudante por dia.

Ao todo são 04 duplas (forneiro e ajudante) que se revezam durante os turnos.

Percebe-se que durante a jornada de trabalho, o ajudante passa o maior tempo encarregado de abastecer a gaiola de lenha, e conseqüentemente descarrega-la no gasogênio. .

Considerando a análise feita acima conclui-se que as principais vantagens do atual sistema são:

- facilidade de manuseio e manutenção;
- baixos custos de manutenção; enquanto que se configuram como desvantagens:
 - necessidade de mão- de- obra exclusiva para a realização da atividade (abastecimento das gaiolas que fazem o transporte e descarregamento no gasogênio);
 - baixa capacidade de armazenamento das gaiolas de transporte de lenha (1,3 m³ cada gaiola);
 - o atual processo traz riscos ergonômicos aos funcionários, pois o mesmo trabalha durante longos períodos carregando elevados massas de material (troncos de lenha empurradas em carrinho pelo trilho suspenso por vigas), além de os mesmos se aproximarem muito das chamas do gasogênio durante o descarregamento das gaiolas de lenha, o que pode gerar afastamento e possíveis custos a empresa por afastamento de funcionários.

6.2 Proposta de um novo modelo de abastecimento de lenha

Com a identificação dos principais problemas do atual sistema de abastecimento de lenha (exclusividade de mão de obra para realização da atividade, afastamento e rotatividade

de funcionários que exercem a função e a baixa capacidade de armazenagem das gaiolas transportadoras de lenha). Com o intuito de amenizar os atuais transtornos, é proposto um modelo de abastecimento que, diminua a necessidade de mão de obra exclusiva para a realização da atividade; tenha uma capacidade de armazenagem que atenda um período de operação relevante e que diminua a rotatividade e afastamento dos funcionários.

Para tal, é proposta a fabricação de uma correia transportadora de lenha, acionada automaticamente por um operador, via botão de comando, descarregando a lenha diretamente no gasogênio.

A correia transportadora a ser fabricada, terá 30 metros de comprimento, e 42" de largura. Já que a lenha é seccionada em partes de 1 metro, e é possível empilhá-las por até dois metros de altura percorrerão longo da correia, a mesma terá capacidade de armazenar aproximadamente 60 m³ quando completamente carregada.

Considerando que, durante o primeiro semestre de 2017 o consumo médio de lenha/dia de operação foi de 69,48 m³, a correia transportadora quando abastecida por completo, terá capacidade de abastecer o gasogênio por quase dois turnos completos.

O transporte da lenha e descarregamento na empresa estudada, é terceirado, então, uma exigência a ser feita, é que a lenha comprada, seja descarregada diretamente na correia transportadora, diminuindo assim a função do ajudante, de abastecer a correia transportadora.

Com a correia transportadora será possível a redução no quadro de ajudantes; atualmente a empresa trabalha com dois turnos de 12 horas por dia, e em cada turno trabalham um forneiro e um ajudante, portanto, há revezamento de quatro duplas. Com a implantação da correia transportadora, seria mantido o quadro de forneiros e reduzido o número de ajudantes de quatro para três. A atual escala de serviço, durante o mês de setembro é apresentada na TAB. 3.

Tabela 3 - Escala de serviço mês de setembro de 2017

	sex	sab	dom	seg	ter	qua	qui	sex	sab	dom	seg	ter	qua	qui	sex	sab	dom	seg	ter	qua	qui	sex	sab	dom	seg	ter	qua	qui	sex	sab
Dias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
07:00/19:00	D	B	C	A	D	B	C	A	D	B	C	A	D	B	C	A	D	B	C	A	D	B	C	A	D	B	C	A	D	B
19:00/07:00	A	D	B	C	A	D	B	C	A	D	B	C	A	D	B	C	A	D	B	C	A	D	B	C	A	D	B	C	A	D
Folga	C	D	D	C	C	D	D	C	C	D	D	C	C	D	D	C	C	D	D	C	C	D	D	C	C	D	D	C	C	
Folga	B	A	A	B	B	A	A	B	B	A	A	B	B	A	A	B	B	A	A	B	B	A	A	B	B	A	A	B	B	

Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

Como exemplo, ainda considerando o mês de setembro de 2017, a distribuição dos funcionários para a operação de alimentação dos fornos é apresentada na TAB. 4.

Tabela 4 – Sugestão de escala para setembro de 2017 de acordo com a implantação da correia transportadora para abastecimento de lenha

	sex	sab	dom	seg	ter	qua	qui	sex	sab	dom	seg	ter	qua	qui	sex	sab	dom	seg	ter	qua	qui	sex	sab	dom	seg	ter	qua	qui	sex	sab
Dias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
07:00/19:00			C				B			C							B							A						
19:00/07:00	A	B	A	B	C	A	C	A	B	A	B	C	A	B	C	A	C	A	B	C	A	B	C	B	C	A	B	C	A	B
Folga	B	C	B	C	A	B	A	B	C	B	C	A	B	C	A	B	A	B	C	A	B	C	A	C	A	B	C	A	B	C
Folga	C	A	B	A	B	C	A	C	A	B	A	B	C	A	B	C	A	C	A	B	C	A	B	C	B	C	A	B	C	A

Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

Com a redução do quadro de funcionários da empresa, haverá diminuição de custos relativos a salários, tributação, além do passivo trabalhista da empresa; tornará o processo mais estável, devido a capacidade de armazenagem da correia ser bem maior (aproximadamente 60 m³) que as atuais gaiolas de abastecimento (1,3 m³); por outro lado demandará alto investimento inicial, além dos custos de manutenção serem maiores, devido aos componentes da correia (correia transportadora, roletes, entre outros).

6.3 Análise do espaço físico do depósito de lenha

O depósito de lenha possui quarenta e dois metros de comprimento e 12 doze metros de largura, sendo o gasogênio localizado no final do depósito, ao centro, então, a correia transportadora será instalada de frente a abertura do gasogênio e percorrerá por metros do depósito, possibilitando que os caminhões possam fazer o descarregamento de lenha, dos dois lados da correia.

Para a desocupação do espaço, será necessária a retirada das vigas que compõe o atual sistema de abastecimento. Estas poderão ser aproveitadas na fabricação da própria correia ou em alguma outra atividade na empresa (FIG. 11).

Figura 11 - Imagem depósito de lenha da empresa.



Fonte: O autor, 2017.

6.4 Análise financeira

Os custos levantados para implantação de correia transportadora no abastecimento de gasogênio são mostrados na TAB. 5.

Tabela 5 - Levantamento dos custos médios em reais para a fabricação da correia transportadora para alimentação de gasogênio.

Item	Fornecedor 1(R\$)	Fornecedor 2(R\$)	Fornecedor 3(R\$)	Custo médio(R\$)
Mão de obra	16.998,40	11.600,00	9.500,00	12.699,47
32 cantoneiras 2" x 1/4"	4.003,68	3.465,60	3.964,80	3.811,36
38 cantoneiras 2.1/2" x 5/16"	7.458,61	5.841,36	6.669,00	6.656,32
01 cantoneira 3" x 3/8"	285,35	293,70	344,50	307,85
01 barra chata 3" x 5/16"	127,31	138,24	145,00	136,85
01 chapa aço 1/4" x 1,5 m x 3 m	1.030,50	891,54	1.081,00	1.001,01
01 chapa aço 3/8" x 1,5 m x 2 m	1.099,20	892,01	931,00	974,07
01 barra trefilada 2.1/2" x 3 m	622,40	1.193,20	750,00	855,20
165 roletes 1100 mm x 100 mm x 14mm	15.427,50	15.840,00	16.005,00	15.757,50
65 metros correia transportadora 42"	6.006,00	16.380,00	10.920,00	11.102,00
01 motorreductor 05 cv, redução 1\350	13.029,00	17.430,00	12.350,00	14.269,67
04 mancais SNA 515	520,00	435,00	1.000,00	651,67
04 rolamentos 22215	1.520,00	1.140,00	800,00	1.153,33
04 buchas H 315	192,00	132,00	200,00	174,67
			Custo médio estimado	R\$ 69.550,97

Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

6.4.1 Análise financeira: retorno do investimento

Após levantamento dos custos necessários para a implantação da correia no item 6.4, no item 6.4.1 foi analisado a economia de custos que a implantação da

correia transportadora trará para a empresa com a diminuição no quadro de funcionários. A TAB. 6 demonstra o custo anual do ajudante para a empresa.

Tabela 6 - Custo anual com funcionários atuantes no forno de calcinação

Custos	Valor (R\$)	Custo Anual (R\$)
Salário	1512,80	18152,80
Insalubridade	187,40	2248,80
FGTS	177,53	2130,36
INSS	668,86	8026,32
Adicional Noturno	98,92	1187,04
Gratificação	90,00	1080,00
1/3 de férias	504,26	504,26
Tributação de férias	192,37	192,37
Décimo terceiro	1512,80	1512,80
Tributação décimo terceiro	846,39	846,39
	Custo Total Anual	R\$ 35881,94

Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

Analisando a TAB. 6 percebe-se que será possível economizar anualmente R\$ 35881,94 com a dispensa de um funcionário (ajudante).

6.4.2 Análise financeira: Depreciação, payback, TIR e VPL

A depreciação foi calculada com base na vida útil da correia transportadora de 20000 horas, durante 15 anos, ou seja, ela trabalhará em média 1333,33 horas por ano. A TAB. 7 representa a depreciação por hora trabalhada da transportadora de lenha e também a depreciação anual.

Tabela 7 – Cálculos depreciação

Depreciação anual(R\$)	Depreciação(R\$/h)	Vida útil(h)	Vida útil(anos)	Valor investido (R\$)	Valor de sucata(R\$)	Horas trabalhadas anualmente(h)
3709,38	2,78	20000	15	69550,97	13910,19	1333,33

Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

Conforme a tabela é possível perceber que a transportadora depreciará R\$ 2,78 por hora trabalhada, o que corresponde a R\$3709,38 anualmente.

A TAB. 8, que segue abaixo representa os gastos previstos com manutenção durante a vida útil da correia transportadora:

Tabela 8 - Custos de manutenção

Valor médio do investimento(R\$)	Custo de manutenção durante a vida útil(R\$)	Custo anual manutenção(R\$)
41730,58	20865,29	1391,02

Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

De acordo com a TAB. 8, percebe-se que anualmente será gasto um valor médio de R\$ 1391,02 durante a vida útil da correia transportadora.

Os fluxos de caixa previstos em R\$ 35881,94 anualmente, foram descontados os valores da depreciação anual e custos de manutenção que somadas equivalem a quantia de R\$ 5100,40 anuais, sendo então os fluxos de caixa considerado em R\$ 30781,54 anualmente.

Foi calculado o *payback* descontado pelo método do valor presente líquido, para determinar o tempo em que o investimento retornará para os cofres da empresa.

Foi considerado a taxa mínima de atratividade de 12 % ao ano, e analisado o VPL acumulado no período de 5 anos. A TAB. 9 representa os cálculos do VPL e do *Payback*.

Tabela 9 - Cálculos Payback e VPL

Ano	Fluxos de Caixa(R\$)	Valor presente(R\$)	Valor presente acumulado(R\$)
0	(69.550,97)	(69.550,97)	(69.550,97)
1	30.781,54	27.483,52	(42.067,45)
2	30.781,54	24.538,86	(17.528,60)
3	30.781,54	21.909,69	4.381,10
4	30.781,54	19.562,23	23.943,32
5	30.781,54	17.466,27	41.409,59

Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

A TAB. 10 representa os valores do payback, TIR, VPL e o índice de lucratividade do investimento.

Tabela 10 - Análise financeira do projeto

Payback	2 anos e 9 meses
VPL	R\$ 41409,59
TIR	43% ao ano
Índice de lucratividade	R\$ 1,60

Fonte: Dados da pesquisa, 2017.

Ao analisar a TAB. 10., conclui-se que o a implantação da correia transportadora é viável financeiramente, sendo que o retorno total do investimento para os cofres da empresa se dará em 2 anos e 9 meses. Considerado retorno de médio prazo, a taxa interna de retorno é 3,5 vezes maior que a taxa mínima de atratividade estabelecida, o VPL é > 0 e o Índice de Lucratividade indica que para cada R\$1,00 investido, o investimento trará retorno de R\$ 1,60 para a empresa, o que trará um lucro para de R\$0,85.

7 CONCLUSÃO

A alta carga tributária do nosso país, de maneira implícita incentiva as empresas a diminuírem a necessidade de mão-de-obra humana, automatizando quando possível os processos com o intuito de aumentar produtividade e eficácia dos processos e também diminuir custos.

Neste cenário, o estudo da implantação da correia transportadora se torna viável tecnicamente e financeiramente.

Tecnicamente porque trará melhorias ao processo, tornando-se um processo mais confiável. Pois aumentará a capacidade de armazenagem de lenha comparada com o atual sistema de abastecimento, acabará com a exclusividade de mão de obra para a realização da atividade, e também com os problemas de afastamento e rotatividade de funcionários devido à realização da atividade.

Financeiramente o processo é viável, pois será pago em médio prazo (2 anos e 9 meses), a taxa interna de retorno é bem superior (3,5 vezes maior) à taxa de 12% ao ano estipulada na taxa mínima de atratividade.

Sendo assim, a análise final a ser feita é que a implantação da correia transportadora é viável, trazendo retornos financeiros a empresa e também melhorias no processo de abastecimento de lenha do auto forno de calcinação.

REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Energia Elétrica. ANEEL. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil – gás natural**. 2008. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas_par3_cap6.pdf>. Acesso em 26 abr. 2017.
- Agência Nacional de Energia Elétrica. ANEEL. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil – carvão mineral**. 2008. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par3_cap9.pdf>. Acesso em 26 abr. 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE CAL (ABPC), 2012. Disponível em: <<http://www.abpc.org.br/>> Acesso em 14 abr. 2017.
- BARBOSA, F. R. **A Cal na Construção Civil**. [200-]. Disponível em: <<file:///C:/Users/Mariana/Downloads/A%20cal%20na%20Constru%C3%A7%C3%A3o%20Civil.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2017.
- BARBOSA, R. C. **Estudo do aproveitamento de resíduo de mineração rico em calcário para produção de cal e captura de dióxido de carbono**. 2014. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014. Acesso em: <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/1767/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Raquel_Barbosa.pdf?sequence=1> Acesso em: 16 abr. 2017.
- BRUNI, A. L.; FAMÁ, R. J. de O. Análise do risco da avaliação de projetos de investimentos: Uma aplicação do método de Monte Carlo. **Caderno de Pesquisas em Administração**. São Paulo, v. 1, n. 6, 1º Trimestre de 1998. Disponível em: <<http://bertolo.pro.br/MetodosQuantitativos/Simulacao/c6-Art7.pdf>>. Acesso em: 17 mai. 2017.
- BLANK, L. **Engenharia econômica**. 6. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.
- BONORA, J. D. **Matemática financeira**: análise de investimento, amortização de empréstimo, capitalização, utilização de calculadoras financeiras. São Paulo: Editora Ícone, 1996.
- BORGES, T. C. **Análise dos custos operacionais de produção no dimensionamento de frotas de carregamento e transporte em mineração**. 2013. 98 p. Dissertação de Mestrado em (Engenharia Mineral) - Universidade Federal de Ouro Preto-UFOP. 2013. Disponível em: <http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/3411/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_%20An%C3%A1liseCustoOperacionais.pdf>. Acesso em: 16 abr.
- BOZORGI, N.; ABEDZADEH, M.; ZEINALI, M. Tabu search heuristic for efficiency of dynamic facility layout problem. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 77, n. 1-4, p. 689-703, 2015.

BRIGHAM, E. F., GAPENSKI, L. C. EHRHARDT, M. C. **Administração Financeira Teoria e Prática**. São Paulo: Atlas, 2001.

BRITO, P. **Análise e viabilidade de projetos de investimentos**. 2. ed. 4. reimpr. São Paulo: Atlas, 2011.

CADORE, G.; GIASSON, O. R. **Análise dos índices financeiros e econômicos de uma importadora de máquinas, para possível investimento**. 2012. Disponível em: <>. Acesso em: 17 mai. 2017.

CAL OESTE. **Forno calcinação. Cal Oeste**. Disponível em: <http://www.caloeste.com.br/flex/foto_topo/fotos/img/14/Imagem%20057%20modificado_img.jpg>. Acesso em: 17 abr. 2017.

CARPIO, R. C. et al. Estado da arte do processo produtivo da cal na região Centro Oeste de Minas Gerais. **ForSci.: r. cient.** IFMG campus Formiga, Formiga, v. 1, n. 1, p. 49-60, jul./dez. 2013.

CASAROTTO FILHO, N.; KOPITKE, B. H. **Análise de investimentos matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial**. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

CAMLOFFSKI, R. **Análise de investimentos e viabilidade financeira das empresas**. São Paulo: Atlas, 2014.

DONINI, I. A. N et al. Biossíntese e recentes avanços na produção de celulose bacteriana. **Eclet. Quím.** v.35, n. 4. São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-46702010000400021>. Acesso em: 26 abr. 2017.

ENDE, M. V.; REISDORFE, V.K. **Elaboração e análise de projetos**. Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico, Rede e-Tec Brasil, 2015.

EHRlich, P. J.; MORAES, E. A. de. **Engenharia econômica**. Avaliação e seleção de projetos de investimentos. 6 ed. São Paulo: Atlas. 2013.

FARIA, A. F. Método para análise e avaliação de estudo de viabilidade técnica, econômica e comercial e do impacto ambiental e social (EVTECIAS). In: Seminário Nacional de Parques Tecnológicos e Incubadora de Empresas, 24., 2014. Belém. **Anais...** Belém: [S.I], 2014.

FARIA, V. C. **Os processos envolvidos na fabricação de cal e suas aplicações: região Arcos-Pains**. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Universitário de Formiga, Formiga, 2010. Disponível em acervo de monografia da Biblioteca Ângela Vaz Leão – CD-Rom.

FRANCHI, C. M. **Instrumentação de Processos Industriais – Princípios e Aplicações**. 1 ed. São Paulo : Érica, 2015.

FREZATTI, F. **Gestão da viabilidade econômico-financeira dos projetos de investimento**. São Paulo : Atlas, 2008.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. Trad. Jorge Ritter. 2 a ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira**. 12. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2014.

GOMES, J. M. **Elaboração e análise de viabilidade econômica de projetos: tópicos práticos de finanças para gestores não financeiros**. São Paulo: Atlas, 2013. GRUPO FERREIRA. **Britagem de calcário**. Disponível em: <<http://www.calferreira.com.br/index.html>>. Acesso em: 04 mar. 2017.

JOHN, V. M. et al. **Economia de baixo carbono: avaliação de impactos de restrições e perspectivas tecnológicas**. 2014. 67 f. Relatório final - Universidade de São Paulo - Faculdade de economia, administração e contabilidade de Ribeirão Preto. São Paulo. 2014.

KHOURY, C. Y.; ANCELEVICZ, J. Controvérsias acerca do sistema de custos ABC. **Revista de Administração de Empresas – ERA**. São Paulo, v. 40, n. 1, p. 56-62, jan./mar. 200. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rae/v40n1/v40n1a07.pdf>>. Acesso em 16 mai. 2017.

LAPA VERMELHA. **Calcário**. Disponível em: <<http://www.lapavermelha.ind.br/produtos.htm>>. Acesso em: 17 abr. 2017.

LEÃO, T. S. V. **O estudo da eficiência energética: combustíveis do processo de calcinação**. 2012. 37 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção)-Centro Universitário de Formiga-MG – UNIFOR-MG. 2012. MEDEIROS, P. T. **Processos de fabricação e controle de qualidade de cal e cimento**. 2011. Disponível em: <<https://petrucciottm.files.wordpress.com/2011/02/cal-e-cimento-fabricac3a7c3a3o-2008.pdf>>. Acesso em: 26 abr. 2017.

MINNET. **Fases da indústria mineral: metalurgia e refino**. 2010. Disponível em: <<http://mine-net.blogspot.com.br/2010/02/fases-da-industria-mineral-5-metalurgia.html>>. Acesso em: 04 abr. 2017.

MOCELLIN, I. C. M. **Estágio curricular VI**. 2008. Disponível em: <www.emc.ufsc.br/controle/arquivos/estagio/relatorio/relatorio_1228_259_1.doc>. Acesso em: 05 abr. 2017.

MOKRZYCKI, P. **Análise de viabilidade econômica da substituição de máquina injetora de plástico, estudo de caso em uma empresa fabricante de componentes automotivos**. 2012. 55 p. Trabalho de Conclusão de Pós Graduação (Gerência de Manutenção)-Universidade Tecnológica Federal do Paraná-UTFPR. 2012. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1064/1/CT_CEGEM_VIII_2012_08.pdf>. Acesso em 17 mai. 2017.

MOTTA, R. da R.; CALÔBA, G. M. **Análise de investimentos tomada de decisão em projetos industriais**. São Paulo: Atlas, 2006.

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. São Paulo. Cengage Learning.

NASCIMENTO, M. D. de. **Otimização do uso de lenha e cavaco de madeira para produção de energia em agroindústria seropédica**. 2007. 103 p. Dissertação de Mestrado (Agronomia)- Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” – UNESP. 2007.

NIQUES, G. N. **Efeito do tempo de maturação na microestrutura de uma cal virgem dolomítica**. 2003. 101 p. Dissertação de Mestrado (Engenharia)- Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. 2003.

NOMURA, D. M. **Planejamento do arranjo físico e das normas de segurança e utilização da nova sala de projetos do pro**. 2013. 105 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção) - Universidade de São Paulo-USP.2013. Disponível em: < http://pro.poli.usp.br/wp-content/uploads/2013/12/FINAL-TF-DANILO-MASSATO-NOMURA_v2.pdf>. Acesso em: 23 mai. 2017.

NUNES, A. M. **Análise da formação de colagem em cerâmicas refratárias usada como revestimento em fornos de cal**. 2014. 72f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química) da Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

PARREIRA, P. M. **Projeto e operação de hidratadores industriais de cal virgem**. 2010. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010. Acesso em:<<http://penelope.dr.ufu.br/bitstream/123456789/3266/1/ProjetoOpera%C3%A7%C3%A3oHidratadores.pdf>> Acesso em:16 abr. 2017.

PETROBRÁS. **Óleo combustível**. Informações técnicas. 2013. Disponível em: <<http://sites.petrobras.com.br/minisite/assistenciatecnica/public/downloads/manual-tecnico-oleo-combustivel-assistencia-tecnica-petrobras.pdf>> . Acesso em 26 abr. 2017.

PETROBRÁS. **Coque**. Informações técnicas. 2015. Disponível em: <<http://sites.petrobras.com.br/minisite/assistenciatecnica/public/downloads/Coque-Informacoes-Tecnicas.pdf>> . Acesso em 26 abr. 2017.

RODRIGUES, K. F. de C.; ROZENFELD, H. **Análise de Viabilidade Econômica**. 2017. Disponível em: <file:///C:/Users/Aluno/Downloads/Analise%20de%20viabilidade%20econ%C3%B4mica_portal%20de%20conhecimentos.pdf>. Acesso em:23 mai. 2017.

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JAFFE, J. F. **Administração financeira: corporate finance**. São Paulo: Atlas, 1995.

SAMPAIO, J. A., ALMEIDA, S. L. M., 2005. **CT2005-132-00: Calcário e Dolomito – Capítulo 15.** Disponível em: <<http://www.cetem.gov.br/publicacao/CTs/CT2005-132-00.pdf>>. Acesso em 15 abr. 2017.

SOLANCIS. **Extração.** Disponível em: <<http://www.solancis.com/pt/pedreiras/extracao>>. Acesso em: 04 abr. 2017.

SILVA, A. L. de M. **Análise de viabilidade da implantação de dois cenários de transportes na mineração Onça Puma – Vale-S.A., Ourilândia do Norte, Pará.** 2013. 76 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Minas e Meio Ambiente)-Universidade Federal do Pará-UFPA. 2013. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAgJUIAF/analise-viabilidade-implantacao-cenarios-transporte>>. Acesso em: 17 mai. 2017.

SILVA, J. O. **Perfil da Cal, Ministério de Minas e Energia - Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral-SGM.** 2009. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_transformacao_mineral_no_brasil/P46_RT72_Perfil_do_Cal.pdf> Acesso em: 14 abr. 2017.

SILVEIRA, F. M. da. **Análise de viabilidade econômica do emprego da moinha de carvão vegetal, do coque verde de petróleo e da casca de café como combustível em fornos de cal.** 2012. 53 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção)-Centro Univertário de Formiga-MG – UNIFOR-MG.

SOARES, B. D. **Estudo da produção de óxido de cálcio por calcinação do calcário: caracterização dos sólidos, decomposição térmica e otimização paramétrica.** 2007. 383 f. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007. Disponível em: <<http://repositorio.ufu.br/handle/123456789/568>> Acesso em 13 abr. 2017.

UHLIG, A.; GOLDEMBERG, J.; COELHO, S. T. O uso de carvão vegetal na indústria siderúrgica brasileira e o impacto sobre as mudanças climáticas. **Revista Brasileira de Energia**, v. 14, n. 2, p. 67-852. semestre 2008. Disponível em: <http://143.107.4.241/download/publicacoes/v14n02_o-uso-de-carvao-vegetal-na-industria-siderurgica-brasileira-e-o-impacto-sobre-as-mudancas-climaticas.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2017.

URBANO, J. J. **Estudo numérico do processo de calcinação da gipsita em fornos rotativos com aquecimento indireto a óleo.** 2013. 120 p. Tese de Doutorado (Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, 2013. Disponível em: <<http://repositorio.ufpe.br/bitstream/handle/123456789/13255/Tese%20Jos%C3%A9%20Junio%20Urbano.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 23 mai. 2017.

VERBOR. **Engenharia & Serviços Verbor Latinoamérica. Projetos Realizados. Forno Maerz.** 2014. Disponível em: <<http://www.verbor.com.br/projetos-realizados.php>>. Acesso em: 17 abr. 2017.

ANEXO A – Fluxograma do processo de calcinação calcário dolomítico

