

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR - MG
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
MARDEN RODRIGUES REZENDE COSTA

**ESTUDO DA VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE MELHORIA NO PROCESSO
DE ABASTECIMENTO DE CALCÁRIO EM UM FORNO DE CALCINAÇÃO**

FORMIGA – MG
2017

MARDEN RODRIGUES REZENDE COSTA

ESTUDO DA VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE MELHORIA NO PROCESSO
DE ABASTECIMENTO DE CALCÁRIO EM UM FORNO DE CALCINAÇÃO

Trabalho de conclusão de curso apresentado 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

Marden Rodrigues Rezende Costa

ESTUDO DA VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE MELHORIA NO PROCESSO
DE ABASTECIMENTO DE CALCÁRIO EM UM FORNO DE CALCINAÇÃO

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

BANCA EXAMINADORA

Profº Dr. Michael Silveira Thebaldi
Orientador

Profº Dr. Marcelo Carvalho Ramos
UNIFOR - MG

Formiga, 07 novembro de 2017.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior, elevado pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presentes.

Ao meu orientador Michael pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.

A minha família, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

E a todos que direta e indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo analisar a viabilidade econômica e financeira na substituição de equipamentos no processo de calcinação em uma indústria na cidade de Arcos/MG, já que atualmente, com o processo e equipamentos atuais há excesso de mão de obra e custos desnecessários. Para isso, foi realizado um estudo com base em ferramentas de análise técnica e econômica, essenciais para sustentação de tomada de decisões, e uma análise de investimentos que buscam a otimização de resultados dentro da empresa. Foram apresentados também cálculos que demonstram que o equipamento deverá ser substituído devido ao seu alto custo operacional. Com isso, os resultados obtidos proporcionaram a escolha do melhor equipamento embasada em controle de custos e a vida econômica e operacional do equipamento.

Palavras-chave: Análise. Indústria de cal. Substituição de equipamentos.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1– Fluxograma de produção de calcário	21
Figura 2– Sistema de abastecimento em funcionamento atualmente na empresa estudada.	32

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Diversidade da utilização da cal nas indústrias.....	13
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Maiores Produtores Mundiais de Cal.....	14
Tabela 2 – Fornos de cal mais comuns em países industrializados e suas características	18
Tabela 3 – Detalhamento de custos	35
Tabela 4 – Custos de fabricação e montagem industrial.....	36
Tabela 5 – Custos da montagem elétrica.....	36
Tabela 6 – Custo total do investimento	37
Tabela 7 – Custos de encargos trabalhistas	38
Tabela 8 – Custo da mão de obra	39
Tabela 9 – Payback descontado	39
Tabela 10 – Análise de resultados	40

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	OBJETIVOS	12
2.1	Objetivo Geral.....	12
2.2	Objetivos Específicos	12
3	REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1	Cal.....	13
3.2	Cal virgem.....	14
3.3	A cal hidratada	15
3.4	Estado da arte do processo produtivo da cal.....	16
3.4.1	Produção da cal	16
3.4.2	Evolução dos fornos	17
3.4.3	Fornos de Cal.....	18
3.5	Sustentabilidade.....	19
3.6	Fluxograma da Produção	20
3.6.1	Etapas da Produção do Calcário.....	21
3.7	Análise técnica econômica de processos e equipamentos industriais	22
3.7.1	Indicadores Associados à Rentabilidade	22
3.8	Substituição de ativos	23
3.8.1	Conceito	23
3.8.2	Motivos	24
3.8.3	Viabilidade.....	25
3.8.4	Possibilidades de substituição	26
4	MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1	Caracterização da empresa	27
4.2	Abordagem	27
4.3	Análise do novo Equipamento.....	28
4.3.1	Mudanças na área mecânica do sistema.....	28
4.3.2	Mudanças na área elétrica.....	29
4.4	Ferramenta de análise dos dados.....	29
4.4.1	Valor Presente líquido (VPL).....	29
4.4.2	Payback descontado	30
4.4.3	Taxa interna de retorno TIR	31

5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1	Análise do sistema de abastecimento atual	32
5.2	Análise do sistema de abastecimento proposto	34
5.3	Custo de aquisição.....	35
5.4	Demonstrativo dos encargos sociais.....	37
5.5	Custo de mão de obra.....	38
5.5.1	Análise financeira	39
6	CONCLUSÃO	41
	REFERÊNCIAS.....	42

1 INTRODUÇÃO

A competitividade do mercado de hoje tem sido um grande problema para as empresas. Para continuarem atuantes nesse mercado elas precisam aumentar sua capacidade produtiva sem perder a qualidade e reduzindo seus custos. Havendo um sistema que permita potencializar a produção, as empresas podem suportar a competitividade imposta (OTANI; MACHADO, 2008).

A cidade de Arcos, localizada na região Centro-oeste de Minas Gerais, é conhecida pela grande formação de rochas calcárias. Porém, há uma grande homogeneização do calcário, que faz com que as empresas localizadas nesta região tenham praticamente a mesma matéria prima, aumentando assim a competitividade.

Neste estudo foi abordada uma análise de melhoria do processo de abastecimento de calcário nos fornos de calcinação. Foi também analisada a substituição de equipamentos que podem ser viáveis para a empresa onde a despesa com mão-de-obra geralmente superam o valor dos investimentos. Essa substituição pode ser de várias formas, dentre elas, substituição do que já é usado por outro de tecnologia melhor que proporcione melhores resultados na empresa.

A matéria prima do processo de calcinação é depositada em tremonhas que tem acesso a calhas vibratórias. Assim, o calcário é despejado em uma correia transportadora que vai até o topo do forno, onde há o início do processo de calcinação.

Em algumas ocasiões, ocorre uma grande concentração da matéria prima na tremonha até a calha vibratória, pois o afunilamento excessivo provoca a retenção do calcário, necessitando, portanto, de mão de obra para desobstruir a passagem. Além disso, ocorre o desgaste excessivo de equipamentos e um consumo desnecessário de energia. Uma vez que as correias transportadoras e peneira ficam vazias devido a retenção do calcário.

A partir disso, este trabalho buscou realizar uma avaliação sobre a viabilidade técnica e econômica de melhoria no processo, apresentando formas de minimizar os custos operacionais da empresa, e aumentando o retorno do capital investido.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar a viabilidade técnica e econômica da melhoria no processo de abastecimento de calcário em fornos de uma empresa de calcinação.

2.2 Objetivos Específicos

- Verificar as melhorias que poderão ser geradas no abastecimento do calcário na empresa, como os pontos positivos e negativos do processo de abastecimento de calcário em fornos;
- Avaliar a possibilidade de redução dos custos da empresa;
- Analisar a possibilidade de diminuição de mão de obra e de energia;
- Utilizar métodos de engenharia econômico-financeira indicadores de rentabilidade como VLP, TIR e PayBack descontado.

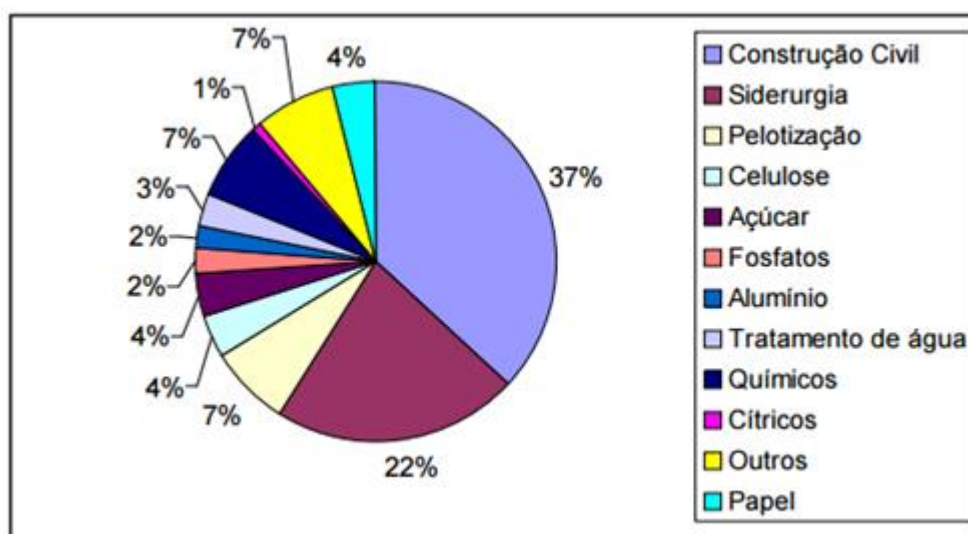
3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Cal

A história da cal teve seus primeiros vestígios nas mais antigas civilizações originárias dos povos egípcios desde 3.000 a.C., mais especificamente nas construções das Pirâmides de Quéops, onde a cal era utilizada na composição da argamassa como vedação (SOARES, 2007).

A cal era utilizada como ligante de matérias em construções de várias obras, e ainda hoje é muito utilizada não só na construção civil, mas em diversos segmentos como por exemplo: nas indústrias siderúrgicas, em construção civil, indústria química, papel e celulose, indústria alimentícia, meio ambiente, agricultura e dentre outros como pode ser visto no GRAF. 1.

Gráfico 1– Diversidade da utilização da cal nas indústrias.



Fonte: Associação Brasileiro de Produtores de Cal, 2012.

Segundo informações da DNPM (2015), estima-se que o ranking dos maiores produtores de cal é liderado pela China, estando o Brasil em 5º lugar, conforme TAB. 1, atualizado em 2016:

Tabela 1 – Maiores Produtores Mundiais de Cal

País / Ano	2011	2012	2013	2014	2015
China	200.000	220.000	230.000	230.000	230.000
Estados Unidos	19.300	18.800	19.000	19.500	19.000
Índia	15.00	15.000	16.000	16.000	16.000
Rússia	8.200	10.500	10.800	11.000	11.000
Brasil	8.235	8.313	8.419	8.152	8.000 (*)
Japão	7.200	8.200	7.600	7.910	7.800
Alemanha	7.100	6670	6.700	6.900	6.900
Outros	58.365	54.317	48.281	60.538	51.300
Total	330.000	348.000	353.000	360.000	350.000

Fonte: Associação Brasileira de Produtores de Cal, 2012. *Estimativa.

3.2 Cal virgem

A cal virgem, também conhecida como cal viva e cal ordinária, é resultado da calcinação das rochas calcárias quando aquecidas em temperaturas superiores a 725 °C (SILVA, 2009).

Ainda segundo o autor supracitado, a cal virgem é utilizada nas indústrias:

- Siderúrgicas: como fluxo, aglomerante e carga de pelotização;
- De papel e celulose: como regeneração da soda cáustica e branqueadoras polpas de papel;
- Açucareiras: como remoção dos compostos fosfáticos, orgânicos e na clarificação;
- De álcalis: como forma de recuperação da soda e da amônia;
- De carbureto de cálcio: através de forno elétrico, promove a formação deste composto químico;
- De tintas: como pigmento e incorporantes de tintas à base de cal e como pigmento para suspensões em água, destinadas às “caiações”;
- De alumínio: como regeneradora da soda;
- De outros tipos: como de refratários, cerâmica, carbonato de cálcio precipitado, graxas, tijolos, petróleo, couro, etanol, metalurgia do cobre, produtos farmacêuticos e alimentícios e biogás.

Sgorlon (2012) citou que a cal virgem é considerada o principal produto da calcinação das rochas carbonatadas cálcicas e cálcio-magnesianas. A composição da cal tem predominância de óxido de cálcio e de magnésio, podendo, conforme o óxido predominante, se classificar em três tipos:

- Cal Virgem Cálcica - Com teor de óxido de cálcio acima de 90% do óxido total presente;
- Cal Virgem Magnésiana – Com teor de óxido de cálcio, entre 65% e 90% do óxido total presente;
- Cal Virgem Dolomítica – Com óxido de cálcio entre 58% e 65% do óxido total presente.

A produção de cal tem se mantido quase inalterada, com a cal virgem correspondente a 73% da produção nacional e a cal hidratada correspondendo a 27% (SILVA, 2009).

3.3 A cal hidratada

A cal hidratada é outro produto muito utilizado no mercado. É o resultado da combinação da cal virgem com água, também conhecida por cal química, cal extinta ou cal apagada. É constituída principalmente por hidróxido de cálcio e hidróxido de magnésio (SILVA, 2009).

Suas principais propriedades são a cor branca resultante de combinações químicas provenientes dos óxidos anidros da cal virgem com água, sistemas cristalinos, sua forma, seu peso específico, a densidade aparente, o volume, a sedimentação, plasticidade, retenção da água, a estabilidade e sua área específica (GUIMARÃES, 1998).

Sua classificação deriva de acordo com a cal virgem que lhe dá origem, podendo ser: Cal Hidratada Cálcica, Magnésiana e Dolomítica (SILVA, 2009).

Segundo Quallical (2012), a cal hidratada pode ser utilizada de várias formas, dentre as quais: tratamento de águas residuárias industriais e água potável; fertilizantes; ração animal; curtumes e gelatinas; neutralização de ácidos; matéria-prima para produção de estearato, fosfato, silicato, carbonato de cálcio, entre outros; Construção civil: argamassas, blocos, tintas, concreto, revestimentos, aditivos, entre

outros; estabilização de solos para pavimentação (solo-cal) e na agricultura; adequação e secagem de lodos industriais.

3.4 Estado da arte do processo produtivo da cal

3.4.1 Produção da cal

O processo de mineração do calcário tem início com o desmonte e perfuração da mina de calcário através de explosivos ou rompedor. Após o transporte das pedras extraídas, o calcário é classificado pelas especificações granulométricas através do processo de britagem para obter o mais apropriado para o processo de calcinação.

A britagem é dividida em primária e secundária, diferenciadas pela capacidade de redução das rochas classificadas de acordo com a faixa granulométrica, através de peneiras que separam o material apropriado para a calcinação de outros produtos fins. O material britado é transportado até os fornos de calcinação através de correias transportadoras ou caminhões (VOTORANTIM, 2017).

O processo de calcinação é realizado a partir da conversão do calcário (CaCO_3) em cal virgem (CaO). Para que esta conversão seja realizada a contento, utilizam-se temperaturas elevadas, normalmente entre $900\text{ }^\circ\text{C}$ a $1200\text{ }^\circ\text{C}$, resultando na liberação de dióxido de carbono (CO_2) encontrado no calcário (CaCO_3). A Equação 1 apresenta a reação química da calcinação (HILL; MASON, 1997):



Quanto ao processo de hidratação da cal, adiciona-se água (H_2O) à cal virgem (CaO), formando assim a cal hidratada. Neste processo há grande liberação de calor, já que a cal (CaO) muito é muito reativa durante a hidratação. A equação do processo de hidratação pode ser visto na Equação 2 (HILL; MASON, 1997):



3.4.2 Evolução dos fornos

A calcinação do calcário ocorre dentro de fornos específicos, que são o centro do processo de transformação da pedra calcária em cal. Vão desde fornos de barranco simples a fornos rotativos modernos (SILVA, 2009).

Ainda segundo Silva (2009) os fornos de cal são caracterizados em razão da matéria prima que é utilizada, da quantidade que é produzida, e o tipo de combustível utilizado, sendo:

- Forno de barranco descontínuo: forno de alvenaria, com revestimento de tijolos comuns recozidos ou mesmo sem revestimento. Geralmente encravado na meia encosta de pequenas elevações, descontínuo, com carga e descarga manuais, produção até 1.000 toneladas/ano, fornalha geralmente constituída por abóbada própria. Não há zonas de aquecimento e pré-calcinação (substituídas por uma fase de “esquente”). O consumo de combustível é muito alto (em média, de 280 kg de óleo combustível com baixo ponto de fluidez (BPF) ou 2,6 metros cúbicos de lenha ou mais, por tonelada de cal virgem), possuindo tiragem natural.
- Forno vertical metálico de cuba simples (AZBE): forno metálico, contínuo, geralmente do tipo AZBE, com tiragem forçada e controle termodinâmico, cilíndrico, revestimento refratário e isolante, carga e descargas automáticas, recuperação parcial do calor perdido nos gases e na cal virgem. Produção de até 350 toneladas/dia de cal, consumo de combustível em média de 132 kg de óleo combustível com baixo teor de enxofre (BTE) ou 1,1 metro cúbico de lenha por tonelada de cal virgem.
- Forno vertical de fluxo paralelo regenerativo (MAERZ): são constituídos por dois cilindros verticais paralelos conectados por um canal de passagem (podem circulares ou retangulares) (VERBOR, 2014). O combustível é injetado na parte superior, desce até a zona de calcinação, onde encontra o fluxo secundário ascendente injetado na parte inferior que sobe resfriando a cal virgem. Ao se encontrarem são transferidos para o canal de passagem, e para o cilindro ao lado, onde sobem, aquecendo o calcário. A alimentação de calcário e a combustão ocorrem de forma alternada entre cilindros, invertendo a direção do fluxo. Entre as vantagens estão a redução do consumo de combustível e a possibilidade de utilização de diferentes combustíveis,

inclusive resíduos ou biomassa e eficiência energética. Entre as desvantagens estão o custo do refratário (EULA, 2006 apud EIPPCB; IPTS, 2013);

- Forno rotativo: Um forno rotativo é um tubo longo e inclinado, com aproximadamente 100 m de comprimento, no qual são alimentadas pedras que podem ter desde 50 mm a menos de mm. A rotação e a inclinação da estrutura do forno permitem que a carga de pedras se desloque da entrada para a saída. A carga ocupa apenas 10% da área da seção transversal do casco. A área remanescente é ocupada pelo fluxo de gás (LHOIST, 2017).

Algumas características dos fornos de calcinação mais utilizados nos países mais desenvolvidos são mostradas na TAB. 2 (JHON, 2014).

Tabela 2- Fornos de cal mais comuns em países industrializados e suas características

Característica	Azbe	Rotativo	Maerz
Energia térmica (GJ/ton)	3,4 - 4,7	5,1 - 9,2	3,2 - 4,2
Eletricidade (kWh/ton)	5 - 15	17 - 45	20 - 41
Faixa Granulométrica (mm)	20 - 200	2 - 60	10 - 200
Produção (ton/dia)	60 - 200	100 - 1500	100 - 800

Fonte: EULA, 2006 apud IEA, 2007; CIMPROGETTI, 2012; EIPPCB; IPTS, 2013; EU, 2013.

3.4.3 Fornos de Cal

No Brasil, a tecnologia mais moderna no uso de fornos de calcinação é a forno vertical de fluxo paralelo regenerativo, conhecido por MAERZ (JHON, 2014).

De acordo com informações do Instituto Aço Brasil, a tecnologia dos fornos MAERZ veio de um projeto de expansão da CST, hoje Arcelor Mittal Tubarão, em um acordo com o grupo Lhoist, que construiu dois fornos Maerz no Brasil (IABR;CST, 2004; JHON, 2014).

Os fornos Maerz são metálicos, de tecnologia suíça. Tem consumo em média de 89 kg de combustível BPF e BTE por tonelada de cal, podendo ser usados outros

tipos de combustíveis (SILVA, 2009). Além disso, possuem a maior eficiência energética, e menor emissão de CO₂ (JHON, 2014).

Fornos MAERZ podem atingir uma eficiência térmica até 80% a mais em relação aos outros fornos, utilizando-se dos combustíveis (MAERZ, 2017):

- Gás natural;
- Óleo combustível pesado;
- Carvão pulverizado;
- Gás liquefeito;
- Off gás de processo de fabricação de aço;
- Poeira de madeira;
- Óleo usado; e outros.

O consumo de energia destes varia entre 25 a 45 kWh por tonelada de cal produzido, e o consumo térmico típico desses fornos está entre 830 e 920 kcal por quilograma ou 2,99 a 3,32 MBtu por tonelada curta de cal. Isso varia com a análise química, o tamanho do grão e o tipo de combustível utilizado (MAERZ, 2017).

Esses fornos não possuem as chamas abertas com temperaturas altas. São cercadas por materiais com temperaturas baixa, proporcionando à pedra absorção direta do calor necessário para o processo de calcinação (MAERZ, 2017).

Fornos modernos como Maerz tem uma grande tecnologia para minimizar os impactos ambientais. Devido ao fato de não possuir as chamas abertas, ele quase não produz oxido de nitrogênio (MAERZ, 2017)

3.5 Sustentabilidade

O meio ambiente nos fornece a matéria prima além de qualidade de vida e bem estar. Por esses e outro motivos, a preservação do meio ambiente se faz necessária para continuar nos fornecendo o produto e a preservação da vida (CAL OESTE, 2017).

Entre as indústrias mais poluidoras do meio ambiente está a de Calcinação, que polui desde a extração do calcário até o término do processo produtivo da cal (SILVA, 2009).

Entre os impactos ambientais que a indústria de cal provoca, estão a emissão de CO₂ e outros gases, alto nível de consumo de energia, a produção de resíduos, a

mudança da paisagem devido a extração das pedras, a poeira, o ruído e o pó dos fornos de cal (JHON, 2014; EIPPCB; IPTS, 2013).

Os fornos Maerz, de fluxo paralelo regenerativo, por consumirem menos combustível do que os outros tipos de fornos diminuem a emissão de CO₂. O uso de lenha de florestas plantadas especificamente para substituir combustíveis fósseis ajuda na diminuição de emissão de CO₂ (JHON, 2014).

A Votorantim já utiliza gás obtido através de madeiras de florestas plantadas para esta finalidade em fornos Azbe, o que tem diminuído o impacto na emissão de CO₂ (JHON, 2014).

Projetos podem ser criados com objetivo de preservação, como (CAL OESTE, 2017):

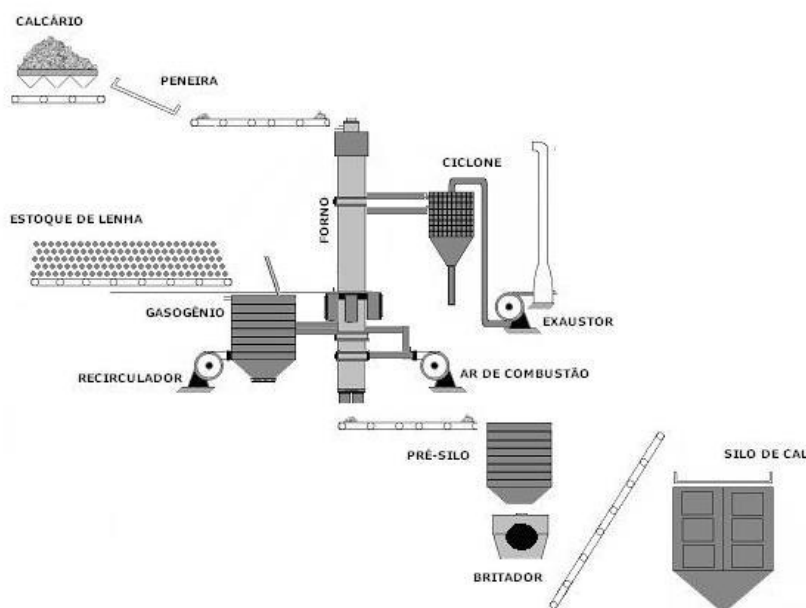
- Filtros de ar com mangas que elimina a poeira proveniente da produção da cal e do calcário;
 - É realizado um monitoramento periódico da água para não haver possibilidade de poluição dos rios ou lençóis freáticos;
 - Aproveitamento de resíduos da produção evitando a poluição do solo;
 - Áreas são destinadas a preservação ambiental permanente;
 - Caminhão pipa destinado a umedecer o solo evitando a poeira;
 - Área com diversas mudas de árvores destinadas a distribuição para a comunidade;
 - Cuidado extremo na extração de nossas rochas evitando, desmatamento desgaste do solo ou jazida.
 - Distribuição de cartilhas educacionais nas escolas, comunidade e para os motoristas;
- Coleta seletiva do lixo dentro da empresa;
- Palestras internas e externas em empresas com os temas: água, ar, lixo, fauna e flora da região;
 - Distribuição de sementes de arvores frutíferas para atrair novas espécies da fauna.

3.6 Fluxograma da Produção

3.6.1 Etapas da Produção do Calcário

As etapas do processo de produção da cal podem variar conforme a capacidade das empresas. De modo geral, consistem em recepção do calcário, peneiramento e calcinação, conforme FIG. 1 (ALMEIDA; SAMPAIO, 2009).

Figura 1– Fluxograma de produção de calcário



Fonte: Cedido pela empresa Cal Master (2017).

Após a recepção do calcário já devidamente extraído e britado, este segue para a etapa de peneiramento para uma seleção granulométrica (PARREIRA, 2010). Feita a seleção, o calcário segue para a parte superior do forno (MICROLIME, 2011).

À medida que o calcário vai descendo no interior do forno, vai aquecendo por trocas térmicas dos gases quentes até atingir um nível de temperatura necessária para a combustão, dando início ao processo de calcinação (MICROLIME, 2011).

A calcinação visa remover o CO₂ do calcário para produzir assim a cal virgem (SILVA, 2009).

Esse processo é feito nos fornos com altas temperaturas, que variam em 900°C a 1200°C (SILVA, 2009).

Logo após o calcário ter sido consumido na combustão, o processo de calcinação é finalizado, obtendo a cal virgem e armazenando no silo (MICROLIME, 2011).

3.7 Análise técnica econômica de processos e equipamentos industriais

A análise técnica-econômica, de acordo com Zago, Weise e Hornburg (2009), pode ser o conjunto de técnicas de comparação de resultados das tomadas de decisões entre diferentes possibilidades.

Ao analisar os objetivos de um investimento, Souza e Clemente (2001) afirmam que, a empresa deve ser considerada como uma entidade voltada à acumulação de dinheiro, tendo como objetivo principal a valorização, que é alcançada quando as decisões dos investimentos produzem ganhos.

Diante de um estudo para analisar um investimento, De Francisco (1998) explica que são necessários investimentos a se realizar ao rol das alternativas possíveis, a análise de cada uma das alternativas, a comparação dessas alternativas e ainda a escolha da melhor alternativa.

A decisão da implantação do projeto, segundo Casarotto Filho e Kopittke (2010) deve se basear em critérios econômicos que são a rentabilidade do investimento; critérios financeiros. Ou seja, a disponibilidade de recursos; e também se basear em critérios imponderáveis que são aqueles que não se convertem em dinheiro.

Quando uma empresa faz um investimento, ela desembolsa dinheiro visando benefícios futuros, sendo que a decisão de fazer o investimento se baseia em diversas alternativas que atendam as especificações técnicas de investimento (SOUZA; CLEMENTE, 2001).

3.7.1 Indicadores Associados à Rentabilidade

De acordo com Casarotto Filho e Kopittke (2010), existem indicadores associados à rentabilidade, que estão relacionados com o ganho que o projeto proporcionará. É a expectativa de que o projeto obtenha recursos equivalentes àqueles empregados no investimento somados aos lucros.

Um dos indicadores associados à rentabilidade é o VLP (Valor Presente Líquido), que tem a característica de conceituar a equivalência no tempo presente. A viabilidade econômica do projeto baseada no VLP indica a diferença positiva entre as receitas e os custos (REZENDE; OLIVERA, 1993).

O Valor Presente Líquido pode ser aplicado a fluxos de caixa que tenham mais de uma variação de entrada e de saída. Pode analisar o valor do dinheiro no tempo atual, e depende somente dos fluxos de caixa que são provisionados no projeto e do custo de oportunidade do capital (BRUNI; FAMÁ, 2003).

Outro indicador associado à rentabilidade é o TIR (Taxa Interna de Retorno), serve para igualar o valor presente das entradas de caixa ao investimento inicial do projeto (ZAGO; WEISE; HORNBURG, 2009).

A Taxa Interna de Retorno obtida a partir da análise do projeto de um fluxo de caixa, é a taxa de juros que faz a diferença entre as receitas e as despesas serem nulas. Assim a decisão de investir com referência na TIR, se dá quando tal taxa superar o custo do capital obtido no projeto (ZAGO; WEISE; HORNBURG, 2009).

Segundo Bruni e Famá (2003), existe o indicador de risco de investimento, conhecido como Pay-Back, que influencia na decisão de investimentos, pois ele pressupõe o tempo necessário para a recuperação do investimento realizado.

3.8 Substituição de ativos

3.8.1 Conceito

A substituição de ativos consiste na tomada de decisão entre continuar a produzir com equipamento já usado, retirá-lo, ou substituí-lo por novos que possuem melhor técnica e melhor economia (EVANGELISTA, 2012).

A substituição de ativos, segundo Nascimento (2010), tem um conceito que abrange tanto a troca de ativos usados por novos, como até mesmo ativos distintos mas que desempenham as mesmas funções.

Casarotto Filho e Kopittke (2010) destacam algumas situações de substituição como: baixa sem reposição; substituição idêntica; substituição não idêntica; substituição com progresso tecnológico; substituição estratégica.

Assim sendo, o maior conflito que existe no processo de substituição de ativo consiste na dificuldade de escolher o momento ideal para realizar as substituições, sendo este intervalo da substituição conhecido como vida econômica (CRUZ; FERNANDES; REIS, 2015).

Segundo Newman e Lavelle (2000) para um indústria ter economia, é necessário ela se inserir num ambiente onde defensor e desafiado se confrontam. O defensor representando o equipamento que já está em uso, e o desafiado como o equipamento adequado para a substituição do equipamento usado.

3.8.2 Motivos

Existem várias motivos que tornam econômica a substituição de equipamentos, como por exemplo, a deterioração, onde os equipamentos geram gastos excessivos e manutenção cada vez maior, tornando o equipamento inadequado para o uso (NASCIMENTO, 2010).

A maioria das empresas brasileiras, de acordo com Casarotto Filho (2000) costuma manter os equipamentos velhos em uso mesmo eles não sendo mais economicamente viáveis. Os gastos com manutenção destes equipamentos velhos superam o valor dos investimentos que poderiam ser feitos.

Ainda segundo Casarotto Filho (2000) estima-se que existe no Brasil um grande potencial de redução de custos apenas desfazendo-se dos equipamentos já ultrapassados com tempo de uso muito alto ou equipamento fora das especificações necessárias.

As empresas não fazem as substituições necessárias por comodismo da administração, onde a resolução de um problema é feito em último caso. As substituições nem mesmo são planejadas. Preferem resolver um problema momentâneo a longo prazo (CASAROTTO FILHO, 2000).

Alguns dos motivos que levam à substituição de equipamentos consistem em (EVANGELISTA, 2012):

- Existência de equipamentos com tecnologias melhores;

- **Obsolescência Física:** o equipamento está gasto e para produzir gera grandes despesas;
- **Inadequação:** o equipamento tem uma capacidade insuficiente ou inadequada para novas condições de demanda exigidas ou devido às mudanças nos serviços prestados;
- **Obsolescência funcional:** devido a demanda sobre os resultados obtidos através do equipamento ter decrescido;
- **Possibilidade de arrendamento ou aluguel ou de outros meios mais baratos** que a simples continuidade com os equipamentos.

3.8.3 Viabilidade

Existem algumas situações as quais convém analisar a viabilidade para substituição de ativos, como por exemplo tecnologia ultrapassada (HIRSCHFELD, 2000).

Outros dois fatores são analisados para realizar a substituição de equipamentos, sendo eles a vida útil e a vida econômica (MOKRZYCKI, 2012).

A vida útil de um equipamento, segundo Torres (2006), define-se como o período em que ele permanece desempenhando as funções de forma satisfatória, do projeto do equipamento, da forma que ele é operado e de sua manutenção.

Já a vida econômica do equipamento não se refere à eficiência de sua capacidade produtiva, mas diz respeito aos custos globais que a empresa tem para manter em funcionamento aquele equipamento (SOUZA, CLEMENTE, 2001).

Os problemas encontrados na determinação da vida econômica de um equipamento, segundo Motta e Calôba (2009), incorrem nos casos em que o equipamento existente já é inadequado para realizar suas funções. Está desgastado necessitando de muitas manutenções, ou ainda porque o equipamento é obsoleto.

Hirschfeld (2000) salienta que as principais razões de substituição de equipamento são os custos exorbitantes da manutenção dos equipamentos devido ao desgaste físico. A tecnologia imprópria para atender a demanda atual, os equipamentos ultrapassados em comparação aos equipamentos tecnologicamente melhores e a possibilidade de locação de equipamentos similares com vantagens relacionadas com o Imposto de Renda.

As formas de substituição dependem da natureza tecnológica e sua evolução. Para avaliar a substituição, a empresa depende de dados históricos do desempenho dos equipamentos existentes, bem como, de um processo periódico que analisa as necessidades de substituições. Como, por exemplo, um sistema de custos que informe as necessidades de substituição de equipamento (MOKRZYCKI, 2012).

No mesmo estudo de Mokrzycki (2012), a análise da viabilidade de investimento basicamente busca comparar os benefícios gerados. Como valor gasto investido, sendo necessário, para isso, projetar estimativas futuras de fluxos de caixa.

O objetivo principal da análise de custo, segundo Horngren, Datar e Foster (2004) é auxiliar a tomada de decisão de substituição do equipamento. O aprimoramento da informação dos custos fundamenta uma decisão mais aprofundada.

3.8.4 Possibilidades de substituição

As possibilidades de substituição dos equipamentos dependem de dados que a empresa deve ter do desempenho dos equipamentos que já existem, complementados por um estudo periódico para avaliar as necessidades de substituição (NASCIMENTO, 2010).

De acordo com Casarotto Filho e Kopittke (2010), à medida que os ativos desempenham suas funções, o custo operacional aumenta com o passar do tempo, necessitando de substituição por outros ativos similares. Esse é um exemplo de substituição idêntica.

No caso de substituição idêntica analisa-se a reposição de equipamentos que têm os mesmos custos iniciais, as rendas, as despesas anuais de operação, a vida física e os valores de mercado (EVANGELISTA, 2012).

Outro exemplo é a substituição não idêntica, onde a função desempenhada pelo equipamento antigo permanece, porém ele é substituído por outro com características diferentes (NASCIMENTO, 2010).

A baixa sem reposição, conforme aponta Nascimento (2010), refere-se à função que o equipamento desempenhava na empresa, e não será mais utilizada

após a baixa. Mesmo o equipamento não tendo ultrapassado a vida útil, pode dar baixa sem a substituição.

Neste tipo de substituição, o que é importante é saber quando será mais econômico tirar o equipamento de linha. É necessário analisar quais consequências econômicas gerará com a decisão de retirar de funcionamento um ativo um pouco antes de sua vida útil terminar, considerando que não haverá substituição (EVANGELISTA, 2012).

Na substituição por processo tecnológico, tem-se que os benefícios tecnológicos são constantes, e isto facilita o projeto de modelos para substituição. Neste modelo, considera-se o custo da tecnologia ultrapassada com os custos de operação do novo equipamento que será lançado no mercado (MOKRZYCKI, 2012).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da empresa

O estudo foi realizado em uma indústria localizada na cidade de Arcos/MG, onde seu ramo de atividade é a produção de cal virgem, fundada em 03 de fevereiro de 2003.

A empresa utiliza como matéria prima o calcário calcítico e dolomítico, adquirido em outras empresas do ramo na região. Possui três fornos de calcinação tipo AZBE onde o consumo de calcário diário é aproximadamente 800 toneladas. A capacidade produtiva da empresa gira em torno 12.000 ton/mês.

4.2 Abordagem

Na presente pesquisa foi analisada a necessidade de investir em melhorias no processo de calcinação, substituindo equipamentos que causam gargalos no abastecimento de calcário no forno.

O estudo do setor de abastecimento do calcário nos fornos de cal teve como objetivos analisar economia de energia, eficiência do processo, além da viabilidade da redução da mão de obra na operação.

4.3 Análise dos custos de mão de obra

Para determinar os custos de mão de obra, os dados foram obtidos através do RH da empresa.

Foi analisado o custo médio salarial de cada funcionário acrescido dos encargos sociais.

4.4 Análise do novo Equipamento

Para o estudo foram analisadas algumas razões para substituição dos equipamentos em uso por equipamentos novos, tais como: custos com mão-de-obra no manuseio do equipamento, desgaste excessivo e consumo de energia desnecessária.

Na escolha do novo equipamento foi analisado, principalmente, aquele que poderá descartar a necessidade de mão-de-obra constante no processo de abastecimento do calcário.

O novo equipamento teve como característica uma abertura maior na saída da tremonha e calha vibratória adaptada à mesma, que permita a passagem do calcário de forma constante sem que a retenção de calcário ocorra.

Também foi analisada a possibilidade de automação no processo de abastecimento de calcário, uma vez que se fizeram necessários sensores para bloqueio do funcionamento caso houvesse falhas nos equipamentos.

Na comparação do equipamento em uso com o novo, foi analisado o descarte da mão de obra no manuseio do processo de abastecimento do calcário, possibilitando um retorno de investimento ao longo do processo.

Para essa análise de viabilidade econômica, foram utilizadas ferramentas de estudo: valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR), Payback descontado pelo método do VPL e índice de lucratividade.

4.4.1 Mudanças na área mecânica do sistema

A proposta de melhoria na parte mecânica consistiu no aumento da abertura do silo para uma maior passagem do calcário: atualmente, a mesma possui 400x600mm, de forma que a nova possua 600x800mm, considerando que esta seria

a maior abertura possível, em função da estrutura física do silo de armazenagem e a largura da correia de abastecimento.

Afim de não haver um gargalo neste mesmo processo, três novas calhas vibratórias com dimensões já adaptadas as novas dimensões do silo teriam que ser fabricadas.

4.3.2 Mudanças no sistema elétrico

A fim de corrigir alguma eventual falha, um sensor na saída de cada silo será instalado, que acionará um motovibrador de 0,5 cv. Este motovibrador será adaptado no próprio silo, que ao ser acionado, provoca vibrações facilitando assim o desprendimento do material na saída do silo.

Por se tratar de um sistema automatizado, ou seja, sem supervisão humana, a confiabilidade no processo é de suma importância. Por isso, há uma necessidade de instalação de sensores de vigia de velocidade em cada transportador de correia do abastecimento de calcário, e na peneira classificatória de calcário, capaz de paralisar todo o processo caso alguma correia transportadora pare de funcionar independente do motivo. Após a interrupção do sistema de abastecimento, será acionada uma sirene instalada na área da produção, mais especificamente na cabine de comando, onde o responsável pelo turno fará a averiguação do problema ocorrido.

4.5 Ferramenta de análise dos dados

4.5.1 Valor Presente líquido (VPL)

A ferramenta VPL utilizada na análise do estudo confrontou o montante com a soma dos benefícios futuros, estes, analisados em uma única data.

Em se tratando de melhorias no processo de calcinação, para reduzir a mão de obra, o VPL se adequa da melhor forma, pois trará benefícios futuros na redução de custos gerais quando analisados com investimento inicial.

Para o cálculo do VPL, foi utilizado uma Taxa Mínima de atratividade de 12% ao ano.

O cálculo do VPL pode ser visto na Equação 3:

$$VPL = \left(\frac{VF_1}{I+i} + \frac{VF_2}{(I+i)^2} + \dots + \frac{VF_n}{(I+i)^n} \right) - I \quad (3)$$

em que:

VF1 - valor futuro no tempo 1;

VF2 - valor futuro no tempo 2;

VF_n - valor futuro no tempo n; e

I - investimento total.

4.5.2 Payback descontado

O método Payback é muito utilizado na análise de investimento pela sua simplicidade, pois, consiste em analisar o tempo que o fluxo de caixa acumulado vai precisar para igualar ou ultrapassar o valor do investimento inicial.

O Payback descontado calcula o tempo necessário de recuperação de investimentos, onde se aplica a taxa mínima de atratividade descontando assim, o fluxo de caixa gerado pelo projeto.

O período de interpretação do Payback é um importante indicador de nível de risco de investimento. Se o prazo de retorno do investimento for muito longo, maior o risco envolvido no projeto, sendo calculado a partir da Equação 4.

$$FCC(t) = -I + \sum_{j=1}^t \frac{(R_j - C_j)}{(1+i)^j}; \quad 1 \leq t \leq n \quad (4)$$

em que:

FCC(t) – valor presente do capital, onde o fluxo de caixa descontado ao valor presente acumulado até o período t;

I – investimento inicial (em módulo), ou seja I é o valor algébrico do investimento, localizado no instante zero (início do primeiro período);

- R_j – receita do ano j;
 C_j – custo proveniente do ano;
 i – Taxa de desconto (TMA);
 j – Índice genérico que representa os períodos.

4.5.3 Índice de Lucratividade

O cálculo do índice de lucratividade do investimento analisa a proporção do valor investido frente a quantidade de valor correspondente ao valor investido, sendo o lucro dado por:

$$IL = \frac{\text{valor presente das entradas de caixa}}{\text{investimento inicial}} \quad (5)$$

Sendo:

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

IL: Índice de lucratividade (R\$);

4.5.4 Taxa interna de retorno TIR

O método da Taxa interna de retorno é um índice relativo utilizado para medir o rendimento do investimento por unidade de tempo desde que haja receitas envolvidas. Representa taxa de desconto que iguala as entradas com as saídas previstas no caixa. A TIR (Equação 6) considera o valor do dinheiro no tempo presente, ou seja, a rentabilidade do projeto de investimento expressa em termos de taxas de juros compostas equivalentemente periódicas.

$$VP = Capital + \sum_{t=1}^N \left(\frac{F_t}{(1+i)^t} \right) \quad (6)$$

em que:

i - taxa interna de retorno;

FCj - fluxo de caixa provisionado em cada período j do projeto de investimento, para $j=[0,n]$.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise do sistema de abastecimento atual

O sistema atual de abastecimento é composto por três silos de armazenagem de calcário, e utiliza calhas vibratórias em sua extremidade inferior. Estas são responsáveis pela vazão do calcário para a correia transportadora (TC01). Posteriormente o calcário é peneirado e transportado até o forno de calcinação.

O sistema atual está em funcionamento na empresa há 13 anos, desde o início de sua atividade industrial, onde o sistema como um todo é bem funcional e viável pela sua simplicidade de montagem e manutenção. Mas sua simplicidade, além de ser a principal vantagem, é também sua maior desvantagem, pois o mesmo é limitado à intensa supervisão humana, o que gera custo à empresa e risco ocupacional aos funcionários responsáveis pelo setor. O sistema atual tem como ferramentas de vazão: três aberturas inferiores do silo de 600x400mm, três calhas vibratórias com dimensões de 700 x 450 mm e três motovibradores de 1cv, como mostrado na FIG. 2.

Figura 2 -Sistema de abastecimento em funcionamento atualmente na empresa estudada



Fonte: Cedida pela Cal Master (2017).

O calcário utilizado gera certa dificuldade em seu manuseio, pois possui granulometrias diferenciadas (ora saem grânulos muito pequenos, ora grandes), fato que impossibilita o trabalho correto do sistema de abastecimento atual. Estes grânulos, em vários momentos do processo de abastecimento formam agregados, provocando obstrução na saída do material.

Quando isto ocorre, o responsável pelo setor, precisa se deslocar até o local das calhas e fazer o movimento de desobstrução da calha, que consiste na utilização de uma barra metálica que é introduzida pela abertura da mesma. Este movimento é utilizado repetidamente durante todo o processo de abastecimento. Ação relativamente simples, mas, por uma perspectiva minuciosa, percebe-se que durante este processo de obstrução todo equipamento está trabalhando sem material. Ou seja, as correias funcionam em vazio, peneiras e calhas vibram sem material e, conseqüentemente sem o peso algum, o que gera vibração excessiva e causa desgaste prematuro do equipamento, além de consumir energia elétrica.

Durante o processo de abastecimento, a parte superior do forno permanece aberta para o recebimento do material. Esta abertura do forno faz com que ocorra a depressurização deste, causando uma momentânea baixa na produção.

Além destes fatores, ainda tem-se que levar em consideração o fator ocupacional na ação da desobstrução, já que o responsável do setor fica exposto a ruído, poeira, e o risco de exercer uma atividade próxima a equipamentos em operação. Há também o risco ergonômico que a atividade exige, na movimentação da barra metálica, que possui massa relevante, até a abertura da calha. Isto pode gerar esmagamento dos membros superiores no momento em que o calcário é deslocado.

Outro ponto importante que se deve levar em consideração é a disponibilidade horária do trabalhador no sistema de abastecimento. Pode-se dizer que se trata de um processo supervisionado, independente da ocorrência de problemas no abastecimento. Sendo necessária a presença de um colaborador da empresa no local, ficando de prontidão para possíveis e eventuais problemas no abastecimento do calcário ate o forno.

Atualmente a empresa trabalha em turnos de revezamento de 8 por 24h em quatro turnos de trabalho, sendo realizados diariamente três turnos de trabalho para um de folga.

O abastecimento de calcário é feito por ciclos. O calcário é introduzido gradualmente na parte superior do forno “caixa de pedra”. Este compartimento tem capacidade de recebimento de 5 toneladas por vez, e esta quantidade é limitada por um sensor, que, ao ser acionado pelo excesso de massa, interrompe o processo de abastecimento automaticamente.

Segundo levantamento realizado, o forno é abastecido em média três vezes por hora, sendo que cada abastecimento dura dez minutos. Durante todo este tempo, há um colaborador supervisionando o processo. Para um período de trabalho normal, um funcionário da empresa permanece cerca de 50% do seu tempo trabalhando de forma presencial no sistema de abastecimento de calcário, e o restante de seu tempo é dividido entre horários de refeições, descanso e auxílio na organização do ambiente de trabalho.

5.2 Análise do sistema de abastecimento proposto

O sistema de abastecimento de calcário proposto tem como objetivo principal atenuar o custo excessivo de mão de obra operacional na produção da cal. Seria então fabricado de um conjunto de abastecimento moderno e dimensionado para o trabalho de abastecimento de calcário no forno de calcinação. Este novo sistema tem por si, um conjunto de mudanças que vão da alteração e dimensionamento da abertura do silo de armazenagem do calcário, melhoria na estrutura das calhas, instalação de motovibradores na estrutura do silo e instalação de sensores elétricos a fim de assegurar o funcionamento correto de todo conjunto.

O novo sistema e abastecimento, por ser automatizado, trabalham sem intervenção humana, o que reduzirá em um funcionário por turno. Atualmente a empresa trabalha com quatro turnos de produção, logo a redução será de quatro funcionários no processo produtivo.

Outro fator importante é que o sistema proposto proporcionará a redução de consumo de energia elétrica, por se tratar de um sistema composto de sensores de

vigilância, todo processo de abastecimento será realizado sem ociosidade dos equipamentos.

Além dos fatores citados, o sistema proposto trabalhará de maneira a evitar desgaste desnecessário dos equipamentos do sistema de abastecimento, evitando trabalho sem a carga devido ao congestionamento do material em algum ponto do processo de abastecimento.

Um fator negativo no modelo proposto seria o custo de aquisição, tempo de instalação e a supervisão de funcionamento de todo processo, a contratação ou treinamento de mão de obra especializada para eventuais manutenções elétricas dos equipamentos.

5.3 Custo de aquisição

O detalhamento dos custos de aquisição de equipamentos para montagem do novo sistema de distribuição pode ser visto na TAB. 3.

Tabela 3– Detalhamento de custos de aquisição de equipamentos para o novo sistema de abastecimento

Equipamentos	Custos
3 Motovibradores 05cv	R\$ 4.050,00
3 Disjuntor 6A	R\$ 60,00
3 Contator CWM 25	R\$ 105,00
3 Rele de sobrecarga RW27 1,8 a 2,8 A	R\$ 140,00
3 Rele de tempo	R\$ 123,00
7 Sensores indutivo	R\$ 822,00
1 Sistema de supervisão de velocidade	R\$ 5.150,00
1 Painel 400 x 400mm	R\$ 100,00
1 Sirene	R\$ 150,00
350 Metros Cabo PP 3x2.5 mm	R\$ 1.000,00
680 Metros Cabo PP 2x2,5 mm	R\$ 1.600,00
Total	R\$ 13,300,00

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Como pode ser visto na TAB. 3, o maior custo referente aos equipamentos para montagem do novo sistema de abastecimento, provém da aquisição do sistema de supervisão de velocidade (5150 reais) que representam 38,72% do total, enquanto que o equipamento mais barato seria o disjuntor de 6 A. Os custos de fabricação e montagem industrial do novo sistema de abastecimento podem ser vistos na TAB. 4.

Tabela 4- Custos de fabricação e montagem industrial do novo sistema de abastecimento

ITEM	CUSTO
Desmonte do processo atual	R\$2.000,00
Abertura na saída dos 03 silos	R\$ 1.000,00
Fabricação e instalação de 03 calhas vibratórias	R\$5.000,00
Instalação de 03 motovibradores no silo	R\$ 2.500,00
Instalações dos sensores	R\$ 1.500,00
Custo total	R\$12.000,00

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Na TAB. 4 foram demonstrados os valores dos custos da montagem elétrica industrial, desde o desmonte do equipamento atual, até a instalação do novo equipamento. Totalizou os custos de desmonte à montagem em R\$ 12.000,00.

A TAB. 5 apresentou-se os custos com montagem elétrica, como o painel elétrico, os sensores de vigilância nas calhas e nas correias, os motovibradores nas calhas vibratórias e da sirene de emergência. O custo total da montagem elétrica foi de R\$ 6.700,00.

Tabela 5- Custos da montagem elétrica do novo sistema de abastecimento

ITEM	CUSTO
Montagem do painel elétrico	R\$3.500,00
Instalação dos sensores de vigilância	R\$ 2.000,00
Instalação dos motovibradores	R\$ 1.000,00
Montagem da sirene de emergência	R\$ 200,00
Custo total	R\$ 6.700,00

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Na TAB. 6 demonstrou-se que o custo total da aquisição dos equipamentos, da montagem mecânica (desmonte, fabricação e instalação) e da montagem elétrica foi de R\$ 32.000,00 de investimento para melhoria do processo de abastecimento de calcário.

Nota-se que, o maior custo do investimento foi a aquisição de equipamentos que representa 41,56%. A montagem mecânica representa 37,5% do investimento, sendo a montagem elétrica o menor custo no total de 20,94% do valor total investido.

Tabela 6- Custo total do investimento para o novo sistema de abastecimento

ITEM	CUSTO
Aquisição	R\$13.300,00
Montagem mecanica	R\$12.000,00
Montagem eletrica	R\$6.700,00
Custo total	R\$32.000,00

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

5.4 Demonstrativo dos encargos sociais

Na TAB. 7 foram apresentados os custos com encargos sociais da empresa com cada funcionário em porcentagem sob o salário pago.

Os encargos sociais básicos apresentados na tabela representam benefícios que futuramente retornarão para o empregado, esses encargos sociais totalizam 36,8% do salário do empregado. Os encargos sociais trabalhistas representados por B e C, são relacionados à prestação de serviços, pagos diretamente ao empregado como Transporte e alimentação que tem a maior porcentagem de B e C, sendo 14% do salário. O total dos encargos sociais Representados na TAB. 7 por A, B e C, tem a somatória de 90,3% do salário do empregado.

Tabela 7- Custos de encargos trabalhistas

ENCARGOS SOCIAIS (PARA HORISTAS E MENSALISTAS)		
A	Encargos sociais básicos	%
A.1	Previdência Social	20,00
A.2	Fundo de Garantia por Tempo de Serviço	8,00
A.3	Salário Educação	2,50
A.4	Serviço Social da Indústria (SESI)	1,50
A.5	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI)	1
A.6	Serviço de Apoio à Pequena e Média Empresa (SEBRAE)	0,60
A.7	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA)	0,20
A.8	Seguro Contra os Acidentes de Trabalho (INSS)	3,00
	SUBTOTAL A	36,80
B	Encargos Sociais que Recebem as Incidências de A	
B.1	Férias	11,00
B.2	Auxílio Enfermidade - atestados (estimativa)	2,00
B.3	Licença Paternidade/ Luto (estimativa)	0,50
B.4	13º Salário	8,50
	SUBTOTAL B	22,00
C	Encargos Sociais que não Recebem Incidências Globais A	
C.1	Depósito por Despedida Injusta (multa rescisória FGTS)	4,00
C.2	Aviso - Prévio Indenizado	9,00
C.3	Exames ASO (admissional, periódico, demissional)	1,00
C.4	Transporte e Alimentação	14,00
C.5	Diversos (Epi, Uniforme)	3,50
	SUBTOTAL C	31,50
	TOTAL (A+B+C)	90,30

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

5.5 Custo de mão de obra

Na TAB. 8 foram apresentados o custo da mão de obra com cada funcionário, sendo o salário médio de R\$1.600,00 acrescidos de encargos que representam 90%, como apresentado na TAB. 7, totalizando em R\$ 3.040,00 mensal.

Como a melhoria no processo de abastecimento tem como um de seus objetivos reduzir a mão de obra de quatro funcionários, o custo foi calculado sob o salário mais encargos destes ao ano, chegando a um total de R\$ 145.920,00.

Tabela 8- Custo da mão de obra para operação do Sistema atual

ITEM	CUSTO
Salário médio	R\$ 1.600,00
Encargos Sociais	R\$ 1.440,00
Custo total (Mensal)	R\$ 3.040,00
Custo Total Anual	R\$ 36.480,00
Custo Anual Quatro Funcionários	R\$ 145.920,00

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

5.5.1 Análise financeira

O fluxo de caixa da implantação do novo sistema de abastecimento utilizando a técnica Payback descontado pelo método do VPL é mostrado na TAB.9.

Ao longo de um ano a empresa terá um retorno de R\$145.920,00, entretanto, há a desvalorização desse valor durante o período mencionado, equivalendo a R\$130.285,71. O saldo da TAB. 9 representa o retorno acumulado de R\$494.008,94 ao final de cinco anos.

Tabela 9 – Fluxo de caixa pelo método do valor presente líquido para o novo sistema de abastecimento

<i>PayBack</i> Descontado			
Ano	Capital (R\$)	Valor Presente	Saldo (R\$)
0	32.000,00	32.000,00	32.000,00
1	145.920,00	130.285,71	98.285,71
2	145.920,00	116.326,53	214.612,24
3	145.920,00	103.862,97	318.475,22

4	145.920,00	92.734,80	411.210,02
5	145.920,00	82.798,93	494.008,94

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

A TAB. 10 ilustra a análise dos resultados das técnicas do VPL e TIR, percebe-se que houve um resultado positivo do investimento, agregando um valor de R\$494.008,94 e um equivalente ao percentual de 456% ao final de cinco anos.

A análise do Payback descontado mostrou que o investimento terá retorno em dois meses e vinte e nove dias. Além disso, por meio do índice de lucratividade, teve-se que para cada R\$ 1,00 de investimento haverá um retorno de R\$ 16,44.

Tabela 10– Análise de resultados econômico de viabilidade do novo sistema de abastecimento

Análise de resultados	
Investimento	R\$32.000,00
TIR	456%
VPL	R\$494.008,94
Payback Descontado	2 meses e 29 dias
Índice de Lucratividade	16,44

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

6 CONCLUSÃO

A competitividade do mercado atual exige um investimento em tecnologia, e as empresas, para garantir esse espaço no mercado investem cada vez mais em melhorias que beneficiem os processos de produção a fim de minimizar os custos e maximizar os lucros.

O estudo apresentado atingiu os objetivos específicos referentes à melhoria no processo de abastecimento de calcário nos fornos da empresa. Aspectos positivos dessa melhoria foram a automação no processo de abastecimento, ocasionando a possibilidade de redução no quadro de funcionários e diminuição do consumo de energia.

A viabilidade do investimento da melhoria do processo de abastecimento foi realizada através de métodos de engenharia econômico-financeiras, indicadores de rentabilidade: TIR, VPL, Índice de Lucratividade e Payback descontado.

Diante dos resultados, conclui-se que é viável o investimento, tendo em vista o baixo risco para a empresa, podendo investir na melhoria do abastecimento, pois a rentabilidade é alta e tem um retorno do capital investido em um período inferior a três meses.

REFERÊNCIAS

- ABCP. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE CAL.. 2012. Disponível em: <<http://www.abpc.org.br/>>. Acesso em: 19 jun. 2017.
- SAMPAIO, J. A., ALMEIDA, S. L. M., 2005. **CT2005-132-00**: Calcário e Dolomito – Capítulo 15. 2009. Disponível em:<<http://www.cetem.gov.br/publicacao/CTs/CT2005-132-00.pdf>>. Acesso em 20 jun. 2017.
- BRUNI, A. L.; FAMÁ, R. **As decisões de investimento: com aplicações na HP 12C e excel**. São Paulo: Atlas, 2003.
- CALCÁRIO BOTUVERÁ. **A empresa**.Mineração do rio do ouro. 2017. Disponível em: <<http://www.calcariobotuvera.com.br/a-empresa/>>. Acesso em: 19 jun. 2017.
- CAL OESTE. **Forno calcinação. Cal Oeste**. 2017.Disponível em: <http://www.caloeste.com.br/flex/foto_topo/fotos/img/14/Imagem%20057%20modifield_img.jpg>. Acesso em: 17 abr. 2017.
- CASAROTTO FILHO, N. **Análise de investimentos**: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial. 9.ed. São Paulo: Atlas, 2000.
- CASAROTTO FILHO, N.; KOPITCKE, B. H. **Análise de Investimentos**: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- CIMPROGETTI, C. L. T. **Reference List Main Lime Burning**.dez. 2012. Disponível em: <http://www.fmw.co.at/docs/de_Referenzliste_Schachtoefen.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2017.
- CRUZ, V. N.; FERNANDES, J. M.; REIS, L. P. Análise do processo de substituição de equipamentos por meio do método caue em uma mineradora de grande porte. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO, 35., 2015, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: [S. L.], 2015. Disponível em: <>. Acesso em: 31 mai. 2017.
- DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral.**Sumário Mineral**. 2015. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2015>>. Acesso em 19 jun. 2017.

EIPPCB; IPTS. **Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Cement, Lime and Magnesium Oxide.** European Union: [s.n.]. 2013.

EU -European Union. L100. Official **Journal of the European Union**. ISSN 1977-0677. 9 mar. 2013, p. 52.

EULA. **Draft lime sector Chapter 2.3 and 2.4 and additional information on these chapters.** 2006b.

EVANGELISTA, M. L. **Engenharia Econômica.** 2012. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/engproducao/wp-content/uploads/Slide_8_-_Substituicao_de_Equipamentos_11_04_2012_a.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2017.

GUIMARÃES, J. E. P. **A cal – Fundamentos e aplicações na Engenharia Civil.** 1998, 285 f. Associação Brasileira de Produtoras de Cal (ABPC). 1 ed, São Paulo, 1998.

HILL, N.; MASON, K. **How to calculate the energy efficiency of your lime burning process.** Practical Action, World Cement, 1997.

HIRSCHFELD, H. **Engenharia econômica e análise de custos.** 7. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

HORNGREN, C. T.; DATAR, S. M.; FOSTER, G. **Contabilidade de custos.** 11 ed. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

IABR - Instituto Aço; CST. **Notícias do setor - CST fecha contrato com Grupo belga Lhoist.** 2004. Disponível em: <<http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/imprensa/noticias.asp?id=300>>. Acesso em: 14 abr. 2017..

IEA -Internacional Energy Agency. **Tracking industrial energy efficiency and CO₂emissions: in support of the G8 plan of action: energy indicators.**

Paris, France: International Energy Agency, 2007.

FRANCISCO, W de. **Matemática financeira.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 1988.

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.

LHOIST. **Processo de fabricação Lhoist.** 2017. Disponível em: <http://www.lhoist.com/pt_br/processo-de-fabrica%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 19 abr. 2017.

MAERZ. **Seus benefícios**. Portfólio MAERZ. 2017. Disponível em: <<https://www.maerz.com/portfolio/your-benefits/?lang=es>>. Acesso em: 19 jun. 2017.

MICROLIME. **Processo produtivo. 2011**. Disponível em: <<http://www.microlime.pt/ProcessoProdutivo/tabid/242/Default.aspx>>. Acesso em 19 jun. 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 2 mai. 2017.

MOTTA, R. da R.; CALÔBA, G. M. **Análise de investimentos: Tomada de Decisão em Projetos Industriais**. 1.ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2009.
NASCIMENTO, S. V. do. **A importância da substituição de equipamentos**. 2010. Disponível em: <<http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/impressao/artigo/1125>>. Acesso em: 26 mai. 2017.

NEWMAN, D. G; LAVELLE, J. P. **Fundamentos de Engenharia Econômica**. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

OTANI, M.; MACHADO, W. V. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. **Revista Gestão Industrial**. Vol.4, n.2, 2008.

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.

QUALLICAL. **Cal hidratada e cal virgem**. 2012. Disponível em: <<http://www.quallical.com.br/Apostila%20cv.pdf>> . Acessado em 17/04/2017.

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. **Análise econômica e social de projetos florestais: matemática financeira, formulação de projetos, avaliação de projetos, localização de projetos, análise de custo-benefício**. Viçosa: Ed. UFV, 1993.

SILVA, J.O. **Perfil da Cal Agrícola, 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_mineracao_br_asileira/P29_RT55_Perfil_do_Calcxrio_Agrxcola.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2017.

SGORLON, J. G. **Apostila Indústria da Cal**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2012.

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 mai 2016.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões financeiras e análise de investimentos: fundamentos, técnicas e aplicações.** 4.ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2001

TORRES, O. F. F. **Fundamentos da engenharia econômica e da análise econômica de projetos.** São Paulo: Thomson Learning, 2006.

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..

VOTORANTIM. **Processo de fabricação da cal. 2017.** Disponível em: <http://www.vcimentos.com.br/htms-ptb/Produtos/Cal_procFabricacao.html>. Acesso em: 13 abril 2017.

ZAGO, C. A.; WEISE, A. D.; HORNBERG, R. A. A importância do estudo de viabilidade econômica de projetos nas organizações contemporâneas. In: CONGRESSO VIRTUAL BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO – CONVIBRA, 6., 2009. **Anais...** Convibra, 2009. Disponível em: <http://www.convibra.org/2009/artigos/142_0.pdf>. Acesso em: 2015