

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA MECÂNICA

CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

ALISON ALVES DA CRUZ

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE
CERÂMICA VERMELHA POR MEIO DE MOAGEM**

PATO BRANCO

2016

ALISON ALVES DA CRUZ

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA REUTILIZAÇÃO DE
RESÍDUO DE CERÂMICA VERMELHA POR MEIO DE MOAGEM**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Mecânica da Coordenação de Engenharia Mecânica – COEME – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Prof. Dr. Dalmarino Setti

PATO BRANCO

2016

FOLHA DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE CERÂMICA VERMELHA POR MEIO DE MOAGEM

Alison Alves da Cruz

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado no dia 02/12/2016 como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Mecânico, do curso de Engenharia Mecânica do Departamento Acadêmico de Mecânica (DAMEC) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Pato Branco (UTFPR-PB). O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora julgou o trabalho **APROVADO**.

Vitor Baldin
(UTFPR)

Prof. Dr. Sérgio L. R. Pessa
(UTFPR)

Prof. Dr. Dalmarino Setti
(UTFPR)
Orientador

Prof. Dr. Bruno Bellini Medeiros
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Mecânica

RESUMO

CRUZ, Alison; Análise de viabilidade econômica para reutilização de resíduo de cerâmica vermelha por meio de moagem, 2016. 52 f. Trabalho de conclusão de curso – Curso Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2016.

Nas indústrias de cerâmica vermelha é evidente a grande quantidade de produtos defeituosos que são descartados em lugares impróprios, como nos arredores das próprias empresas e em áreas verdes, sem preocupação alguma com o meio ambiente. Esses resíduos cerâmicos podem ser reaproveitados no processo de fabricação em forma de chamote incorporado a massa. Para isso é necessário implantar um moinho que transforme os produtos que são descartados em chamote. O estudo foi feito com base em outros já realizados e que demonstraram excelentes resultados. Para a implantação do equipamento foram realizadas pesquisas e levantados os dados de uma empresa da região de Prudentópolis – PR, e também uma análise dos diferentes cenários da viabilidade econômica do projeto.

Palavras chave: Moinho. Resíduos Cerâmicos. Viabilidade Econômica.

ABSTRACT

CRUZ, Alison; Economic viability analysis for the reuse of red ceramic waste by grinding, 2016. 52 f. Work completion of the course – Mechanical Engineering Course, Federal Technological University of Paraná. Pato Branco, 2016.

In red clay ceramic is clear the huge amount of defective products that are disposed in unsuitable places without worries with the environment, as near of the own companies or green areas. These ceramic residues can be recycled in the producing process of grog incorporation to the mass. In order of it, is necessary to implement a mill that convert the defective products in grog. The study was based in other studies already conducted that demonstrate excellent results. To the equipment implantation were done researches, data collection and economic feasibility in different scenarios of this project in Prudentópolis region in Parana state.

Keywords: Mill. Ceramic residues. Economic feasibility.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação dos moinhos quanto às moagens fina e ultrafina	16
Tabela 2 - Custos e receitas estimadas	25
Tabela 3 - Cenário comparativo com uso de 12% de resíduos de tijolos	27
Tabela 4 - Cenário comparativo com uso de 8% de resíduos de tijolos	28
Tabela 5 - Cenário comparativo com o uso de 5% de resíduos de tijolos	28
Tabela 6 - Cenário utilizando dois equipamentos e o uso de 12% de resíduos	29
Tabela 7 - Cenário utilizando dois equipamentos e o uso de 8% de resíduos	30
Tabela 8 - Cenário utilizando dois equipamentos e o uso de 5% de resíduos	31
Tabela 9 - Indicadores dos 6 projetos isolados	32
Tabela 10 - Exemplo comparativo dos indicadores	34
Tabela 11 - Indicadores dos 3 projetos	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma de processamento de cerâmica vermelha.....	12
Figura 2 - Detalhe de esforço entre dois planos.....	14
Figura 3 - Moinho de Martelos RGM 400	22
Figura 4 - Moinho de Bolas	23
Figura 5 - Britador Metso 12040E	24

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.1 OBJETIVO GERAL	9
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
2 REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1 CERÂMICA TRADICIONAL	10
2.2 PROCESSAMENTO CERÂMICO	11
2.3 MOINHOS	14
2.4 INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS	17
2.5 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA	18
3 METODOLOGIA	20
3.1 MATÉRIAS-PRIMAS UTILIZADAS	20
3.2 SELEÇÃO DOS MOINHOS.....	21
3.3 CUSTOS DE OPERAÇÃO E RECEITAS	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
5 CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS	38
ANEXOS	39

1 INTRODUÇÃO

Levando em consideração o atual momento pelo qual passam as empresas do ramo da construção civil, faz-se necessário olhar para o melhor aproveitamento da matéria-prima e melhor rendimento do processo utilizado. A indústria cerâmica carece de investimentos tecnológicos que esbarram no processo ainda primitivo usado na maioria das empresas.

A reutilização de produtos defeituosos que seriam descartados pode favorecer a redução da temperatura de sinterização, fornecer uma melhor qualidade final do produto, contribuir para ajustar a plasticidade da argila, facilitar a secagem, reduzir a retração das peças e também dar um destino ecologicamente correto a esses resíduos.

Desta forma consegue-se diminuir as perdas do processo produtivo e diminuir custos com matéria-prima, uma vez que os resíduos apresentam uma composição química semelhante a dos materiais usados como matéria-prima para a produção de peças cerâmicas.

Um dos pontos importantes deste estudo é avaliar as características fundamentais que o resíduo deve apresentar para ser utilizado como uma matéria-prima alternativa e complementar na indústria de cerâmica vermelha. A caracterização destes resíduos é uma ferramenta indispensável para conseguir resultados confiáveis e se conhecer tecnicamente o resíduo estudado juntamente com a avaliação das propriedades tecnológicas dos tijolos fabricados.

A chamote pode ser definida como um subproduto proveniente da queima do caulim ou rejeitos de materiais cerâmicos. A chamote é muito utilizada para a produção de tijolos refratários, sendo um produto obtido mediante a queima de uma argila, até o início de sua sinterização. Após a sua sinterização a chamote é britada ou moída fornecendo partículas de diferentes tamanhos, normalmente de 1 μm a 5 μm (RIPOLI, 1997).

Para conseguir chegar à granulometria desejada para o chamote é necessário utilizar um equipamento de moagem que atenda a necessidade do processamento cerâmico da empresa estudada com menor consumo de energia possível.

As matérias-primas utilizadas neste trabalho são oriundas de uma Indústria Cerâmica localizada em Prudentópolis na região Centro-Sul do estado do Paraná, considerada uma das principais fornecedoras do estado.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste estudo é avaliar a viabilidade econômica de diferentes cenários de produção de tijolos onde são reutilizados os resíduos de cerâmica vermelha, chamote, como matéria-prima em diferentes proporções e obtidos com diferentes equipamentos de moagem.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A fim de cumprir o objetivo geral deste trabalho, são desenvolvidos os seguintes objetivos específicos:

- I. Determinar as proporções de resíduos que serão misturados na massa.
- II. Selecionar um moinho para a moagem dos resíduos cerâmicos na granulometria desejada.
- III. Realizar a avaliação da viabilidade econômica de reutilização do resíduo com base em diferentes cenários de avaliação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CERÂMICA TRADICIONAL

A cerâmica vermelha, também conhecida como tradicional, é formada a partir da mistura de materiais argilosos e materiais não argilosos. A fabricação destes materiais é bem antiga e investigações arqueológicas realizadas até o momento indicam que os primeiros tijolos de barro foram fabricados por volta de 10.000 a.C. e eram utilizados pelas civilizações assíria e persa. Esses povos desenvolveram tijolos secos ao sol, conhecidos como adobes, e por volta de 3.000 a.C. surgiram os primeiros tijolos queimados em fornos [GRIMMER, 2006].

O tijolo cerâmico surge no século XIX como produto industrializado e seu uso se disseminam rapidamente, devido à facilidade que ele confere à execução de alvenaria, ao conforto térmico e acústico, facilidade de conformação em geometrias variadas, boa resistência mecânica, entre outras. Sua evolução e diversificação, dimensões, número e formato dos furos, também acompanham as exigências das obras e das técnicas construtivas.

Atualmente, há no mercado forte demanda por produtos de cerâmica vermelha, com alto valor agregado e destinados a acabamento e revestimento: pisos, soleiras, tijolos, blocos, placas cerâmicas etc., compondo projetos de visual rústico ou que privilegiem elementos naturais. Neste sentido, a indústria cerâmica brasileira vem despontando como uma das mais criativas do mundo.

Atualmente o mercado de cerâmica vermelha possui uma representatividade expressiva na economia do país. O estado do Paraná apresenta mais de 600 olarias, contribuindo significativamente para a produção nacional de tijolos e telhas [ABCERAM, 2005].

Dentro de uma olaria, as formulações das massas cerâmicas estão fundamentadas a mistura de argilas, sendo uma mais plástica, que é composta predominantemente por diferentes argilominerais e também apresenta em sua composição o óxido de ferro. Esta argila recebe popularmente o nome de “gorda”. Sua coloração é vermelha escura quando úmida, chegando a quase marrom quando atinge seu limite de temperatura de sinterização.

A outra é composta por materiais não argilosos como: quartzo, óxidos e materiais fundentes, e é conhecida como “magra”. Sua coloração é mais clara após a sinterização.

A argila plástica é utilizada para conferir a coloração avermelhada ao tijolo e para facilitar o processo de extrusão. Já a argila não plástica é utilizada para garantir a rigidez das peças a verde e para auxiliar no processo de sinterização, pois esta geralmente apresenta em sua composição materiais fundentes, que formam fase líquida e conseqüentemente reduzem a temperatura de sinterização.

Na combinação das argilas, são utilizados aditivos, com o objetivo de efetuar correções na massa. O chamote (resíduo cerâmico queimado e rejeitado ao fim do processo) é comumente adicionado à massa e, em pequenas quantidades (5–10%), não causa alterações negativas. Ao contrário, aumenta a eficiência dos moinhos, facilitando a trituração e a fluidez de movimento de alguns tipos de argilas. Adicionalmente, ele contribui para a minimização da geração de resíduos, estabiliza a mistura sem diminuir sua plasticidade, aumenta a resistência mecânica, melhora a porosidade global da pasta úmida e exerce função de ligante, agregando os grãos.

2.2 PROCESSAMENTO CERÂMICO

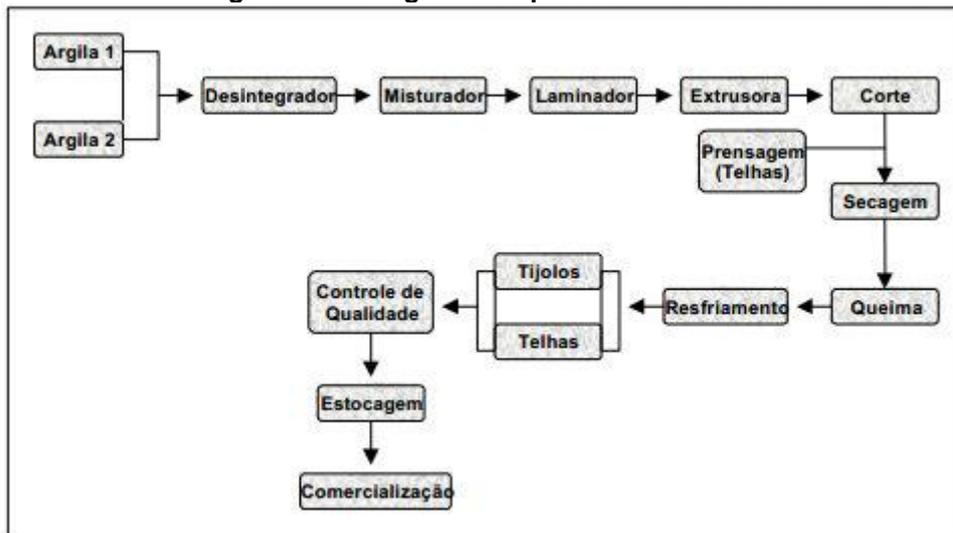
O processo de fabricação de blocos cerâmicos engloba várias etapas como: recebimento, beneficiamento e formulação da massa cerâmica, processo de laminação e conformação, secagem, queima, estocagem, expedição e venda. Sendo que cada uma destas etapas será descrita abaixo e demonstrado no fluxograma da Figura 1.

Grande parte das argilas brasileiras está depositada nas bacias dos rios. Neste caso, a extração é a céu aberto. O plano de extração deve prever a remoção, a disposição dos estéreis, a formação de bancos de extração que assegurem economia no transporte, a drenagem da água, a segurança no trabalho e o aproveitamento completo da jazida. (SILVA, 2009).

Para a extração são usados retroescavadeiras que enchem as caçambas dos caminhões e estes transportam a argila até os pátios de estocagem nas indústrias. Durante algumas semanas as argilas ficam depositadas a céu aberto

sendo “lavadas” pela chuva e depois são cobertas por lonas pretas ou depositadas debaixo dos barracões descansando até que sejam misturadas em proporções estabelecidas de argila gorda e magra. Os estoques são de grande importância para manter o abastecimento em períodos como inverno chuvoso por exemplo.

Figura 1 - Fluxograma de processamento de cerâmica vermelha



Fonte: Santos da Silva (2012).

São feitas análises químicas e mineralógicas das argilas e então um funcionário experiente faz a mistura das argilas que são levadas até o caixão alimentador que controla a quantidade de massa a ser homogeneizada pelos equipamentos seguintes.

O Homogeneizador efetua uma moagem e mistura intensa das argilas, eliminando em muitos casos os problemas causados por raízes. Com a regulagem da abertura das grelhas a massa tende a granular facilitando sua trabalhabilidade. O objetivo dos laminadores é desagregar os grãos maiores e os torrões. É composto de dois cilindros que se aproximam até uma distância precisa e controlada. A maior alimentação no centro da esteira causa desgaste na metade do cilindro. Para reduzir essa tendência, usa-se uma faca niveladora na esteira e a matéria-prima será distribuída ao longo do cilindro.

Extrusão é o processo pelo qual se dá forma a um produto cerâmico através da passagem de massa plástica, ou semi firme, pela abertura, na seção transversal do objeto extrusado. A obtenção de produtos pelo processo de extrusão

consiste em compactar uma massa plástica numa câmara de alta pressão equipada com sistema de desaeração (vácuo), contra um molde (boquilha), de formato desejado.

Ao sair da boquilha, a massa se movimenta sobre o transportador de rolo, que é geralmente de material plástico duro. Os fios cortadores são esticados em quadro móvel, espaçados de acordo à medida requerida.

As peças cortadas podem ser retiradas manualmente ou automaticamente em prateleiras para os secadores.

Os tijolos são encaminhados para a secagem natural permanecendo um período médio de 7 dias com tempo bom e aproximadamente 15 dias no caso de tempo frio/úmido. O tempo de secagem pode ser reduzido para aproximadamente 24 horas, quando se utiliza a secagem artificial realizada em estufas em temperatura de aproximadamente 70°C. Geralmente não se utilizam secadores artificiais para os tijolos, pois os mesmos aumentariam muitos os custos de produção.

A secagem de uma massa cerâmica é influenciada por diversos fatores como: temperatura, umidade relativa do ar, velocidade e aplicação da direção do ar, a densidade de carga, a composição granulométrica da massa, forma, dimensão e método de conformação das peças.

Após a secagem, as peças são transportadas para o forno, onde são calcinadas em altas temperaturas, que através de transformações físico-químicas, altera as propriedades mecânicas, cor e dimensões da peça. A temperatura de queima é da ordem de 750 a 900°C para tijolos, e de 900 a 950°C para telhas. A etapa de queima é realizada em fornos, cuja concepção térmica e os combustíveis empregados possuem grande variedade. (BACCELLI JÚNIOR, 2010).

No caso da cerâmica estudada a queima é realizada em forno contínuo do tipo túnel e o material utilizado é serragem de pinus ou eucalipto.

Após a retirada do forno, as peças são observadas visualmente quanto a trincas, quebras e excessivamente queimadas, então essas peças são descartadas. As peças que estiverem com os aspectos dentro dos padrões exigidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT são liberadas para comercialização. O armazenamento é feito em áreas cobertas permanecendo aí até a retirada dos produtos para a expedição. A expedição consiste no envio do produto final até o mercado consumidor, esse transporte é feito essencialmente por rodovias

através de caminhões, utilizando veículos próprios ou fretados. A venda é feita de maneira direta pelos próprios proprietários.

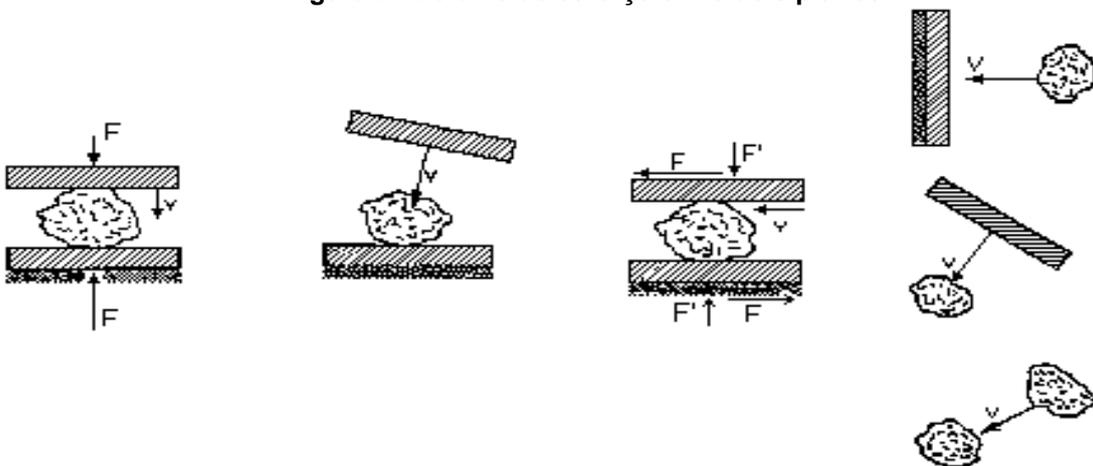
2.3 MOINHOS

Moinhos são equipamentos de moagem que se caracterizam por apresentar três mecanismos de fragmentação, compressão, impacto e abrasão por cisalhamento, prevalecendo o mecanismo de abrasão por cisalhamento, o qual ocorre através do deslocamento relativo de corpos moedores.

Outra característica importante nos moinhos é o transporte interno do material, pois a cominuição ocorre apenas nas chamadas zonas ativas de moagem. Com a diminuição da granulometria o transporte de partículas para as zonas ativas se torna mais difíceis.

A função principal de um moinho é a aplicação de forças mecânicas ao material, provocando a quebra das partículas. Para isso, as partículas são submetidas a um dos esforços ou a uma combinação, conforme mostrado na Figura 2.

Figura 2 - Detalhe de esforço entre dois planos



Fonte: Wellenkamp (1996)

Dentre esses esforços, os de pressão, arraste e impacto são caracterizados pela posição das partículas entre dois planos de trabalho, ao contrário do esforço por choque, que ocorre num único plano. No esforço de pressão, as partículas situadas entre os planos são comprimidas com velocidade relativamente baixa. Como resultado obtém-se fragmentos pontiagudos. No esforço de arraste, as forças de pressão são forças superpostas em sentido paralelo aos planos. Devido a maior intensidade de abrasão nas extremidades, as partículas tornam-se arredondadas. Já no esforço de impacto, as partículas são comprimidas com velocidade maior. No esforço por choque, a partícula colide com o plano ou outras partículas. Na colisão, a energia necessária para a ruptura é liberada, a qual é oriunda da energia cinética das partículas antes do choque. [WELLENKAMP, 1996]

Os moinhos podem ser classificados de acordo com o ambiente de moagem (seco/úmido), material a ser processado e com o mecanismo de fragmentação. Para aplicação do resíduo em forma de pó, por exemplo, o ambiente de moagem é seco. É a aplicação que determina o ambiente e o mecanismo de fragmentação que pode ser de um ou mais tipos. Para impedir problemas com contaminação são utilizados moinhos com a carcaça revestida de materiais resistentes, tais como metais duros, carbeto de tungstênio, óxido de alumínio, dióxido de zircônio ou até mesmo de aço manganês.

Na Tabela 1 estão apresentados os tipos de moinhos usados nos processos de moagens fina e ultrafina. Além da indicação do tipo de esforço predominante, também são apresentadas informações sobre o limite mínimo de granulometria e o ambiente de operação.

Os moinhos cilíndricos são utilizados na indústria mineral na moagem, a seco ou a úmido, de minérios ou minerais industriais com alta ou até média resistência a fragmentação. Dependendo do meio moedor, os moinhos podem processar material com granulometrias abaixo, 3 - 4 mm (moinhos de bolas) a 3 - 6 mm (moinhos de barras) e gerar produtos com granulometria entre 5 a 100 mm. [KELLERWESSEL, 1993]

Devido aos altos consumos de energia nos processos de moagem, os moinhos de tambor foram desenvolvidos objetivando baixos consumos específicos de energia.

Tabela 1 - Classificação dos moinhos quanto às moagens fina e ultrafina

Moinho Esforço	Pressão	Arraste	Impacto	Choque	Granulometria*	Ambiente
Moinhos com Meio Moedor						
a) moinhos cilíndricos		x	x		fina	seco/úmido
b) moinhos vibratórios		x	x		fina	seco/úmido
c) moinhos planetários	x	x			ultrafina	seco/úmido
d) moinhos de atrição		x			ultrafina	úmido
Moinhos de Choque						
1. Moinhos com rotor						
a) moinhos universais				x	fina	seco
b) moinhos de pinos				x	ultrafina	seco
c) moinhos de rotor				x	ultrafina	seco
2. Moinhos a jato						
a) oval				x	ultrafina	seco
b) espiral				x	ultrafina	seco
c) contra fluxo				x	ultrafina	seco
Moinhos de Rolos Verticais	x	x			fina	seco
Moinhos de R. de Alta Pressão	x				fina	seco

* granulometria fina <100 μm , ultrafina <10 μm

Fonte: Wellenkamp (1999).

Os moinhos de atrição são indicados para tarefas de moagem fina e ultrafina a úmido, de materiais com resistência baixa ou média à fragmentação, nas indústrias de papel, mineral, química, farmacêutica ou cerâmica. Usam-se como meio moedor esferas metálicas, de vidro ou de cerâmica, com diâmetros de 0,1 a 8 mm, em quantidade de 80-90% do volume interno. Os moinhos são utilizados nas operações descontínua e contínua. A carcaça cilíndrica desses moinhos é estacionária, podendo ser instalada horizontal ou verticalmente. O meio moedor é movimentado com auxílio de rotores, que giram na câmara de moagem. Em função da velocidade linear dos rotores, os moinhos de atrição são de baixa e alta velocidade. Nos *attritors*, a velocidade linear dos rotores está abaixo de 4 m/s, enquanto os rotores nos *stirredmills* atingem velocidades entre 4 e 20 m/s. [RYU, 1992]

Recentemente, os moinhos de atrição de alta velocidade foram adaptados para moagem ultrafina de materiais abrasivos e cerâmicos. Para esse fim, os moinhos são revestidos com aços especiais, metais duros, cerâmicas ou polímeros. Na preparação de materiais para sinterização, o modo de operação dos moinhos é descontínuo. Assim, não há falhas nas aplicações da indústria cerâmica, onde até poucas partículas grossas restantes podem causar efeitos danosos.

Na cominuição por choque, a energia de ruptura é oriunda da energia cinética das partículas e liberada durante um processo de choque. Para tal, as partículas são aceleradas com rotores ou por jatos de gás, e, em seguida, se chocam com elementos de moagem ou outras partículas.

Os britadores de mandíbulas são classificados em dois tipos, baseando-se no mecanismo de acionamento da mandíbula móvel. Assim, temos os britadores de um eixo e dois eixos. Nos britadores de dois eixos, a mandíbula móvel tem movimento pendular, enquanto que os de um eixo tem movimento elíptico. É um equipamento de britagem primária, utilizado para reduzir blocos de elevadas dimensões e dureza e com grandes variações de tamanho na alimentação.

As principais vantagens são a grande capacidade de trabalho, mecânica simples que facilita a operação, e o baixo custo energético e de manutenção. Já a desvantagem é que o produto ao sair do britador não possui grande uniformidade. Compõe-se basicamente de uma mandíbula fixa, e uma mandíbula móvel ligada a um eixo excêntrico, que fornece o movimento de aproximação e afastamento entre elas. Desta maneira o bloco alimentado na boca do britador vai descendo entre as mandíbulas enquanto recebe o impacto responsável pela fragmentação (FIGUEIRA et al, 2004).

2.4 INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS

No Brasil com as novas leis de proteção ao ambiente, bem como crescente e progressiva implantação de novas e exigentes diretrizes na gestão de resíduos para as indústrias, na perspectiva de um desenvolvimento sustentável, faz-se necessário desenvolver métodos alternativos e eficazes em substituição ao simples descarte destes em aterros sanitários (Souza, 2007).

De acordo com a norma ABNT 10004:2004, resíduo é qualquer material no estado sólido e semissólido, que resulta de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição.

O chamote, objeto de estudo desse trabalho, segundo Vieira e Monteiro (2009), pode ser classificado como resíduo que interfere nas propriedades cerâmicas. Segundo Dondiet al. (1997) o chamote pode ser classificado como redutor de plasticidade ou plastificante. Esse resíduo ao ser incorporado a massa cerâmica pode diminuir a quantidade de água adicionada a massa e assim reduzir a retração de secagem melhorando a qualidade do produto final. A produção dos resíduos torna-se preocupante em dois aspectos básicos. O primeiro, social, traduz-se no fato de algumas indústrias lançarem estes resíduos nos recursos hídricos ou dispô-los, ilegalmente, em aterros ou em locais inapropriados. O segundo, inerente ao setor industrial, manifesta-se o comprometimento de espaços úteis, pois esses resíduos são acumulados, na maioria dos casos, nos pátios das próprias fábricas (Silva, 2000).

Dessa forma, os estudos sobre a incorporação de resíduos em matrizes de cerâmica vermelha têm se tornado cada vez mais frequentes e alvo de interesse científico, visto que algumas vantagens são observadas. Além disso, a incorporação de resíduos em cerâmica vermelha pode minimizar os prováveis impactos causados ao ambiente se forem descartados indiscriminadamente no meio.

2.5 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Neste projeto de viabilidade econômica, é feita uma análise prévia para diminuir o risco de uma decisão errada de investir. Esta análise visa expor benefícios a um horizonte superior a um ano. Só haverá desembolso no presente se houver perspectivas de benefícios financeiros (SOUZA; CLEMENTE, 2004).

O fluxo de caixa visa demonstrar o comportamento esperado para o caixa de uma organização em um determinado horizonte de tempo. Além de indicar fatos já efetivamente incorridos, ele pode também projetar entradas e saídas futuras, sendo considerado por isso uma excelente ferramenta para orientar as decisões gerenciais de uma empresa (DIAS, 2002).

O VPL (Valor Presente Líquido) compara o valor presente dos benefícios futuros com o valor presente dos custos de um determinado projeto. A TIR (Taxa Interna de Retorno) é calculada utilizando os cálculos do VPL, podendo ser definida como a taxa que iguala os benefícios esperados, aos custos de um projeto, ou seja, é a taxa que faz com que o VPL seja igual a zero. A TIR tem como objetivo principal encontrar uma taxa de rendimento, e tem como definição ser a taxa de retorno do investimento, podendo ser utilizada como critério para decisão em análises de projetos. Já o *payback* é utilizado para calcular o número de anos ou meses necessário para recuperar o valor do investimento original.

Os cálculos foram efetuados utilizando planilhas eletrônicas de cálculos (MS-Excel) e aplicativo *web \$ΔV€P*.

3 METODOLOGIA

Inicialmente foram levantados os dados referentes à aquisição de um dos moinhos, como orçamento e especificações técnicas. Em seguida foram coletados dados da empresa estudada, como por exemplo, as matérias-primas para posteriormente serem usados para os cálculos de viabilidade. Foi analisado o livro caixa para informações referentes à produção e faturamento durante um período de 3 meses. Foram considerados também dados referentes às despesas e necessidades de mão de obra e energia, levando em conta a utilização do novo equipamento.

Foram elaborados diversos fluxo de caixas para cada cenário proposto da aquisição do moinho. Para as análises, foram considerados três principais indicadores de viabilidade de projeto. O VPL, a TIR, e o *payback*. Apesar de estar ligados entre si, cada um traz o dado da viabilidade em uma unidade diferente. O VPL traduz o investimento em montante corrigido para a data atual, a TIR traduz o investimento em termos de custo de capital à ser comparado com valores de mercado, e o *payback* traduz o investimento em termos de tempo de retorno.

3.1 MATÉRIAS-PRIMAS UTILIZADAS

As matérias-primas usadas nesta pesquisa para o desenvolvimento das massas cerâmicas foram argilas comerciais utilizadas na fabricação de tijolos, provenientes da região de Prudentópolis - PR. Somando-se a estes materiais, incluem-se também os resíduos dos tijolos que posteriormente serão incorporados na massa cerâmica. As argilas e os resíduos utilizados foram caracterizados mineralógica e quimicamente pelo laboratório do SENAI de Ponta Grossa – PR e o resultado das análises estão demonstrados nos anexos A, B, C e D.

Para a análise da viabilidade da implantação do equipamento foram elaboradas três diferentes misturas com proporções de 5, 8 e 12% de resíduo de tijolos. Definidas as formulações, o processo deve ser readequado para atender as normas da ABNT (NBR 15.270 – Blocos de Vedação e Estruturais).

Os cenários que foram analisados representam diferentes proporções de misturas, utilizando 5, 8 e 12% de chamote. Considerando que essas proporções são as mais usadas em diferentes aplicações em outras regiões e que são as mais próximas de uma mistura ideal, visto que cada caso deve ser analisado em separado e que é muito difícil que se consiga atingir um processamento que não gere nenhuma perda e que porcentagens maiores que 15%, por exemplo, além de fragilizar a mistura devido a maior dificuldade de homogeneização, também seria inviável devido à falta de produtos defeituosos para serem usados como resíduos.

3.2 SELEÇÃO DOS MOINHOS

A seleção do moinho passou pelas limitações e particularidades de cada tipo. Análises técnicas e econômicas foram levadas em consideração para que sejam atendidos os critérios estabelecidos para tornar viável a utilização do equipamento.

Os três tipos de moinhos selecionados, o de mandíbulas, de bolas e o de martelos, são os mais usados em laboratórios da indústria cerâmica para caracterização física das argilas e produtos acabados. São três equipamentos simples que tem a capacidade de atingir a quantidade de resíduos que a empresa necessita e são de fácil operação.

Os custos com energia elétrica e manutenção foram estimados conforme a necessidade de resíduos de tijolos para cada uma das três proporções diferentes.

Os moinhos da RG MAQ são de altíssima qualidade, produzindo um ótimo desempenho e proporcionando uma excelente produção. Seu sistema de abertura de tampa bipartido gera uma facilidade na hora da troca de seus revestimentos, grelhas, martelos, telas, etc. Seu rotor com discos de várias furações escalonadas proporcionam uma aproximação dos martelos nas grelhas ou telas e costelas para obter um resultado de granulometria precisa. Seus martelos produzidos em material de alta resistência à dureza geram uma durabilidade maior e um excelente produto, assim como seus revestimentos. As grelhas são produzidas em aço 5160 para maior durabilidade ao impacto e abrasão.

O moinho de martelos que foi selecionado requer um investimento de R\$ 35000,00 (trinta e cinco mil reais), é o RGM 400, com motor de capacidade de 20 à 30cv com rotação entre 1540 e 1775 RPM com uma produção variada de 4 a 7 toneladas por hora, mantendo assim uma ampla possibilidade do controle da granulometria do produto final, dependendo das aberturas de suas grelhas que podem variar de 1.2 mm até 6 mm, ou até mesmo telas com furos proporcionais a produção. Para a aplicação estima-se que produza 2 toneladas por hora consumindo 4kWh por tonelada de resíduo de tijolos e está demonstrado na figura 3.

Utilizando-se da ferramenta de simulação de financiamento usando o Cartão BNDES com uma taxa de 1,19% a.m. a parcela do financiamento seria de R\$ 1665,27 (um mil seiscientos e sessenta e cinco reais e vinte e sete centavos) em 24 meses.

Figura 3 - Moinho de Martelos RGM 400



Fonte: RG MAQ

O moinho de bolas que foi selecionado requer um investimento de R\$ 22000,00 (vinte e dois mil reais) fabricado pela empresa Máquinas Pelegrini está demonstrado na figura 4, possui capacidade para produzir 0,5 toneladas por batelada, uma média de 1 tonelada por hora consumindo 3kWh por tonelada, equipado com um motor de 5 hp, possui tamanho interno de 1,5 metros de diâmetro por 1,5 metros de comprimento com revestimento interno de 10 cm de granito, fabricado com chapa de aço 4340 com ¼" de espessura e dimensões externas de 1,8 metros de diâmetro por 1,8 metros de comprimento, contando com a capa

protetora isolante fabricada com chapa de aço 4340 com 1/8" de espessura e usa como material de moagem os seixos.

Utilizando-se da ferramenta de simulação de financiamento usando o Cartão BNDES com uma taxa de 1,19% a.m. a parcela do financiamento seria de R\$ 1046,74 (um mil e quarenta e seis reais e setenta e quatro centavos) em 24 meses.

Figura 4 - Moinho de Bolas



Fonte: Máquinas Pelegrini

A Metso Minerals do Brasil mantém em fabricação a linha "E" de pequenos britadores primários e britadores secundários de mandíbulas. Trata-se de máquinas robustas e simples, adequadas para instalações de britagem de pequeno porte. Foram projetados para britar as rochas mais duras, mantendo seu desempenho com mínima necessidade de manutenção, em severas condições de operação, apresentam longa vida dos mancais graças ao uso de rolamentos de rolos autocompensadores mais reforçados, são máquinas robustas e resistentes devido aos eixos forjados de grande diâmetro, queixo fundido em aço carbono de longa vida útil, resistente carcaça monobloco soldada, incorporando os mancais de rolamentos.

A aplicação de aços-liga de alta resistência aumenta a vida útil e reduz os custos de manutenção.

A figura 5 é de um modelo similar ao selecionado, porém com capacidade produtiva maior.

Figura 5 - Britador Metso 12040E



Fonte: Metso Minerals

O britador selecionado é o modelo 2015E que possui capacidade para produzir entre 2 a 3 toneladas de produtos com densidade de $1,6\text{ton/m}^3$ de no máximo 6 mm de tamanho e 3 a 5 toneladas com tamanho de até 12 mm, utilizando motor de 10 hp e 1200 rpm. Este equipamento requer um investimento de R\$ 30000,00 (trinta mil reais). Utilizando-se do Cartão BNDES a uma taxa de 1,19% a.m. a parcela do financiamento seria de R\$ 1427,37 (um mil quatrocentos e vinte e sete reais e trinta e sete centavos) em 24 meses.

3.3 CUSTOS DE OPERAÇÃO E RECEITAS

A Tabela 2 apresenta os principais custos relacionados à operação dos equipamentos (manutenção e mão de obra) e também os custos com matéria-prima (argilas da região entregues no estoque da empresa) e com a reutilização dos resíduos provenientes de cerâmica vermelha. Outro custo importante nesse processo é o da análise mineralógica e físico-química das argilas e resíduos. Além disso, são apresentados os custos médios de produção dos tijolos e os valores médios de vendas.

Tabela 2 - Custos e receitas estimadas

Custos, matérias-primas e operações.	Valores em R\$ (reais)
Receitas com vendas por milheiro.	320,00
Custo médio final por milheiro.	240,00
Custo da argila, por tonelada.	12,00
Custo do resíduo próprio, por tonelada.	0,00
Custo do resíduo proveniente de outras empresas, por tonelada entregue na empresa.	50,00
Funcionário para operação, valor por hora.	10,00
Custo de Manutenção	500,00
Custo da energia (kWh).	0,45
Análises laboratoriais, por empresa.	2000,00

Fonte: Autoria Própria (2016).

No caso da empresa em questão o volume de matéria-prima utilizado mensalmente está na ordem de 1500 toneladas, com um custo de R\$ 12,00 (doze reais) a tonelada, totalizando uma despesa de R\$ 18000,00 (dezoito mil reais) por mês. Se essa quantidade de matéria-prima fosse integralmente convertida em produtos acabados sem defeitos, geraria uma produção final de 600 milheiros de tijolos por mês. Mas como no processamento cerâmico é alto o índice de produtos com defeitos, a produção média mensal é de 500 milheiros de tijolos, ou seja, 16,66% da produção são descartados.

Para este cenário não são registrados resultados referentes à utilização de equipamento de moagem nem as devidas proporções das misturas. Apenas

destacam-se os prejuízos de 90 milheiros que se fossem vendidos ao valor atual de R\$ 320,00 (trezentos e vinte reais) cada milheiro renderia à empresa uma receita de R\$ 28800,00 (vinte e oito mil e oitocentos reais), ou então, se fossem deixados de produzir os custos reduziriam R\$ 21600,00 (vinte e um mil e seiscentos reais) mensais, a um custo de R\$ 240,00 (duzentos e quarenta reais) por milheiro. O fluxo de caixa foi baseado em quanto esses equipamentos fornecem de economia de matéria prima mantendo a produção atual e no aumento do volume de vendas ocasionado pela reutilização dos produtos defeituosos que antes seriam descartados em maior quantidade. O investimento feito para todos os cenários foi de R\$ 35000,00 (trinta e cinco mil reais) para a utilização de moinho de martelos, R\$ 30000,00 (trinta mil reais) para o britador de mandíbulas e de R\$ 22000,00 (vinte e dois mil reais) para a utilização de moinho de bolas. A abordagem determinística foi realizada considerando uma TMA de 18% com base em taxas de juros de desconto de cheques e duplicatas que a empresa paga aos bancos mensalmente, e o horizonte de planejamento foi definido para 24 meses. Foram desenvolvidos alguns cenários para efeito de análise e comparação das diferentes aplicações e formulações.

Os projetos “A” e “B” comparados no cenário 1 são os que possuem 12% de resíduos de tijolos na composição da mistura e os dados utilizados estão na Tabela 3.

Os projetos “C” e “D” comparados no cenário 2 são os que possuem 8% de resíduos de tijolos na composição da mistura e os dados utilizados estão na Tabela 4.

Os projetos “E” e “F” comparados no cenário 3 são os que possuem 5% de resíduos de tijolos na composição da mistura e os dados utilizados estão na Tabela 5.

Os projetos “G”, “H” e “I” são os que se utilizam de dois tipos de moinhos, o de mandíbulas e o de bolas nas proporções de 12, 8 e 5% respectivamente.

A Tabela 3 mostra o Cenário 1, comparativo entre o moinho de martelos e de bolas.

O investimento feito para este cenário foi de R\$ 4000,00 (quatro mil reais) referentes a duas análises laboratoriais dos resíduos da empresa estudada e também da empresa que forneceu mais resíduo.

Tabela 3 - Cenário comparativo com uso de 12% de resíduos de tijolos

Cenário 1				
	(A) Moinho de Martelos		(B) Moinho de Bolas	
	Quantidade	Valor Total	Quantidade	Valor Total
Despesa Atual com Argila (t)	1500	R\$ 18.000,00	1500	R\$ 18.000,00
Argila (t)	1320	-R\$ 15.840,00	1320	-R\$ 15.840,00
Resíduos da empresa (t)	120	R\$ -	120	R\$ -
Resíduos de outra empresa (t)	60	-R\$ 3.000,00	60	-R\$ 3.000,00
Energia (kWh)	360	-R\$ 162,00	540	-R\$ 243,00
Funcionário (horas/mês)	90	-R\$ 900,00	180	-R\$ 1.800,00
Manutenção	1	-R\$ 500,00	0	R\$ -
Vendas (milheiros)	30	R\$ 9.600,00	30	R\$ 9.600,00
Fluxo de Caixa		R\$ 7.198,00		R\$ 6.717,00

Fonte: **Autoria Própria (2016).**

A Tabela 4 mostra o Cenário 2 com suas particularidades devido ao uso de 8% de resíduos de tijolos.

Neste caso o investimento foi de R\$ 2000,00 (dois mil reais) referentes a uma análise laboratorial dos resíduos de tijolos.

A Tabela 5 mostra o Cenário 3 com suas particularidades devido ao uso de 5% de resíduos de tijolos. Neste caso como sobraram produtos defeituosos que não foram utilizados como resíduos houve uma despesa maior, o que contribui para diminuir o valor do fluxo de caixa.

Assim como no caso do cenário 2, o investimento foi de R\$ 2000,00 (dois mil reais) referentes a uma análise laboratorial dos resíduos de tijolos.

Tabela 4 - Cenário comparativo com uso de 8% de resíduos de tijolos

Cenário 2				
	(C) Moinho de Martelos		(D) Moinho de Bolas	
	Quantidade	Valor Total	Quantidade	Valor Total
Despesa Atual com Argila (t)	1500	R\$ 18.000,00	1500	R\$ 18.000,00
Argila (t)	1380	-R\$ 16.560,00	1380	-R\$ 16.560,00
Resíduos da empresa (t)	120	R\$ -	120	R\$ -
Resíduos de outra empresa (t)	0	R\$ -	0	R\$ -
Energia (kWh)	240	-R\$ 108,00	360	-R\$ 162,00
Funcionário (horas/mês)	60	-R\$ 600,00	120	-R\$ 1.200,00
Manutenção	1	-R\$ 500,00	0	R\$ -
Vendas (milheiros)	30	R\$ 9.600,00	30	R\$ 9.600,00
Fluxo de Caixa		R\$ 9.832,00		R\$ 9.678,00

Fonte: Autoria Própria (2016).

Tabela 5 - Cenário comparativo com o uso de 5% de resíduos de tijolos

Cenário 3				
	(E) Moinho de Martelos		(F) Moinho de Bolas	
	Quantidade	Valor Total	Quantidade	Valor Total
Despesa Atual com Argila (t)	1500	R\$ 18.000,00	1500	R\$ 18.000,00
Argila (t)	1425	-R\$ 17.100,00	1425	-R\$ 17.100,00
Resíduos da empresa (t)	75	R\$ -	75	R\$ -
Resíduos de outra empresa (t)	0	R\$ -	0	R\$ -
Energia (kWh)	150	-R\$ 67,50	225	-R\$ 101,25
Funcionário (horas/mês)	37,5	-R\$ 375,00	75	-R\$ 750,00
Manutenção	1	-R\$ 500,00	0	R\$ -
Produtos defeituosos (milheiros)	22,5	-R\$ 5.400,00	22,5	-R\$ 5.400,00

Cenário 3				
	(A) Moinho de Martelos		(B) Moinho de Bolas	
	Quantidade	Valor Total	Quantidade	Valor Total
Vendas (milheiros)	30	R\$ 9.600,00	30	R\$ 9.600,00
Fluxo de Caixa		R\$ 4.157,50		R\$ 4.248,75

Fonte: Autoria Própria (2016).

Para os próximos três cenários foram utilizados o britador de mandíbulas para britagem primária e o de bolas para obtenção de pó a partir do produto resultante do britador de mandíbulas. Para esses cenários o investimento é de R\$ 52000,00 (cinquenta e dois mil reais) para a compra do britador de mandíbulas e do moinho de bolas.

Tabela 6 - Cenário utilizando dois equipamentos e o uso de 12% de resíduos

Cenário 4		
	Britador de Mandíbulas + Moinhos de Bolas	
	Quantidade	Valor Total
Despesa Atual com Argila (t)	1500	R\$ 18.000,00
Argila (t)	1320	-R\$ 15.840,00
Resíduos da empresa (t)	120	R\$ -
Resíduos de outra empresa (t)	60	-R\$ 3.000,00
Energia (kWh)	990	-R\$ 445,50
Funcionário (horas/mês)	270	-R\$ 2.700,00
Produtos defeituosos (milheiros)	0	R\$ -
Vendas (milheiros)	30	R\$ 9.600,00
Fluxo de Caixa		R\$ 5.614,50

Fonte: Autoria Própria (2016)

A Tabela 7 mostra o cenário 5 com a utilização de 8% de resíduos e o investimento de mais R\$ 2000,00 (dois mil reais) para a análise laboratorial dos resíduos de tijolos.

Tabela 7 - Cenário utilizando dois equipamentos e o uso de 8% de resíduos

Cenário 5		
	Britador de Mandíbulas + Moinhos de Bolas	
	Quantidade	Valor Total
Despesa Atual com Argila (t)	1500	R\$ 18.000,00
Argila (t)	1380	-R\$ 16.560,00
Resíduos da empresa (t)	120	R\$ -
Resíduos de outra empresa (t)	0	R\$ -
Energia (kWh)	660	-R\$ 297,00
Funcionário (horas/mês)	180	-R\$ 1.800,00
Produtos defeituosos (milheiros)	0	R\$ -
Vendas (milheiros)	30	R\$ 9.600,00
Fluxo de Caixa		R\$ 8.943,00

Fonte: Autoria Própria (2016)

A Tabela 8 mostra o cenário 6 com a utilização de 5% de resíduos e o investimento de mais R\$ 2000,00 (dois mil reais) para a análise laboratorial dos resíduos de tijolos.

Tabela 8 - Cenário utilizando dois equipamentos e o uso de 5% de resíduos

Cenário 6		
	Britador de Mandíbulas + Moinhos de Bolas	
	Quantidade	Valor Total
Despesa Atual com Argila (t)	1500	R\$ 18.000,00
Argila (t)	1425	-R\$ 17.100,00
Resíduos da empresa (t)	75	R\$ -
Resíduos de outra empresa (t)	0	R\$ -
Energia (kWh)	412,5	-R\$ 185,63
Funcionário (horas/mês)	112,5	-R\$ 1.125,00
Produtos defeituosos (milheiros)	22,5	-R\$ 5.400,00
Vendas (milheiros)	30	R\$ 9.600,00
Fluxo de Caixa		R\$ 3.789,38

Fonte: Autoria Própria (2016)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados dos 6 projetos isolados que usam apenas ou um ou outro moinho podem ser analisados a partir dos indicadores mostrados no quadro gerado pelo aplicativo *web \$AV€P* que são apresentados na Tabela 9. Os fluxos de caixa de cada projeto estão disponíveis nos anexos E, F, G, H, I e J.

Tabela 9- Indicadores dos 6 projetos isolados

Dimensão	Indicador	Projeto A	Projeto B	Projeto C	Projeto D	Projeto E	Projeto F
Retorno	VP	42.337,99	36.708,17	56.695,79	52.848,43	25.764,38	23.253,87
	VPL	3.337,99	10.708,17	19.695,79	28.848,43	-11.235,62	-746,13
	VPLA	612,37	1.964,46	3.613,28	5.292,37	-2.061,22	-136,88
	IBC ₁ ou IL	1,0856	1,4119	1,5323	2,2020	0,6963	0,9689
	ROIA (%)	0,34	1,45	1,79	3,34	-1,50	-0,13
	Índice ROIA/TMA (%)	1,90	8,04	9,97	18,58	-8,32	-0,73
	ROI ou TIRM (%)	18,40	19,71	20,12	21,95	16,23	17,84
Riscos	Payback	15	8	7	4	Não existe	Não existe
	TIR (%)	19,61	25,75	27,89	40,32	12,21	17,40
	Índice Payback/N (%)	62,50	33,33	29,17	16,67	Não Existe	Não Existe
	Índice TMA/TIR (%)	91,81	69,91	64,54	44,65	147,41	103,43
Limites de Elasticidade	Δ% TMA	8,93	43,05	54,94	123,98	-32,16	-3,32
	Δ% FC ₀	8,56	41,19	53,23	120,20	-30,37	-3,11
	Δ% FC _j	7,88	29,17	34,74	54,59	-43,61	-3,21
	Δ% FC ₀ e FC _j	4,10	17,08	21,02	37,54	-17,90	-1,58
	Δ% TMA e FC ₀	4,37	21,05	27,04	61,03	-15,62	-1,60
	Δ% TMA e FC _j	4,19	17,39	21,28	37,90	-18,51	-1,63
	Δ% FC ₀ e FC _j e TMA	2,81	12,23	15,20	28,81	-11,50	-1,07

Fonte: Software SAVEPI

Na comparação entre os dois moinhos, nos três cenários o moinho de bolas apresentou os melhores resultados, porém ao final do horizonte de planejamento os projetos utilizando o moinho de martelos sempre apresentaram valores maiores de fluxo de caixa e também de revenda, o que significa que a empresa pode estimar um período maior de uso do equipamento sem necessariamente realizar um novo investimento.

Ao analisar a melhor proporção de resíduo, devemos lembrar que foi levada em consideração a hipótese de que para todas as proporções de resíduo os resultados foram os mesmos e iguais a 40% a menos de produtos defeituosos, assim garantiu-se que não falem produtos defeituosos a serem moídos.

De acordo com o critério de análise do VPL, os fluxos de caixa analisados com o investimento nos casos onde a mistura de resíduos é de 12 e 8%, possuem o VPL positivo, portanto, são viáveis. Utilizando o VPL como critério de decisão em investir ou não, os VPLs dos fluxos de caixa com investimento são maiores do que o VPL de não investir, que são os dois casos onde a mistura de resíduos é de 5%, mas apesar do VPL ser negativo, ainda assim é melhor que o cenário atual da empresa que sem realizar o investimento descarta 90mil unidades por mês, algo em torno de 180 toneladas de produtos que foram processados e causaram despesas a empresa.

Portanto, em todos os casos o investimento é vantajoso, mesmo a taxa de 18% sendo relativamente alta por se tratar de um projeto de investimento de uma empresa, pois o desperdício com o descarte de produtos defeituosos representa um valor bem maior.

A TIR nos mesmos casos onde a mistura é de 12 e 8% é maior do que a taxa de juros utilizada para os cálculos (18%), o que confirma a viabilidade do investimento. Porém vale ressaltar que por se tratar de um projeto de investimento para uma empresa e que poderia ser diluído em mais meses, a taxa de empréstimo giraria em torno de 10% ao ano, se fosse assim todos os casos seriam viáveis. Isso vale para os demais indicadores como, por exemplo, o *payback* que mostra o tempo de retorno e tirando os casos “E” e “F” são valores baixos considerando o horizonte de planejamento que foi definido em 24 meses.

Para o cenário 1 onde são utilizados 12% de resíduos, ou seja, 180 toneladas, a quantidade de produtos defeituosos da empresa supre apenas 120 toneladas desse total, sendo assim a empresa gasta R\$ 15840,00 (quinze mil oitocentos e quarenta reais) em argila e mais R\$ 3000,00 (três mil reais) em 60 toneladas de resíduos proveniente de outra empresa, portanto são gastos R\$ 840,00 (oitocentos e quarenta reais) além dos R\$ 18000,00 (dezoito mil reais) que seriam gastos apenas em argila. Para o moinho de martelos (Projeto A) o custo com energia é de R\$ 162,00 (cento e sessenta e dois reais) e o custo com o funcionário é igual a R\$ 900,00 (novecentos reais), já para o moinho de bolas (Projeto B) o custo com energia chega a R\$ 243,00 (duzentos e quarenta e três reais) e com o funcionário a R\$ 1800,00 (um mil e oitocentos reais), ou seja, mesmo o moinho de bolas sendo mais econômico ele acaba gastando o dobro de tempo para produzir a mesma quantidade de resíduo. Somando a essas despesas o lucro de R\$ 9600,00

(nove mil e seiscentos reais) obtidos com a venda de 30 milheiros que deixaram de apresentar defeitos, os fluxos de caixa são de R\$ 7198,00 (sete mil cento e noventa e oito reais) para o projeto A e R\$ 6717,00 (seis mil setecentos e dezessete reais) para o projeto B.

Na Tabela 10 está apresentado um comparativo para o cenário em que se utiliza 12% de resíduo de tijolos. Como o investimento é menor, o moinho de bolas, projeto B, apresenta os melhores resultados econômicos e a capacidade de produção supre as necessidades da empresa.

Tabela 10 - Exemplo comparativo dos indicadores

Dimensão	Indicador	Projeto A	Projeto B	1ª Análise: Status	Projeto TMA	Projeto B + TMA	2ª Análise: Status	Atenção
Retorno	VP	42.337,99	36.708,17	Não comparar	13.000,00	49.708,17	Projeto B + TMA	Quanto > Melhor
	VPL	3.337,99	10.708,17	Projeto B	0	10.708,17	Projeto B + TMA	Quanto > Melhor
	VPLA	612,37	1.964,46	Projeto B	0	1.964,46	Projeto B + TMA	Quanto > Melhor
	IBC ₁ ou IL	1,0856	1,4119	Projeto B	1	1,2746	Projeto B + TMA	Quanto > Melhor
	ROIA (%)	0,34	1,45	Projeto B	0	1,02	Projeto B + TMA	Quanto > Melhor
	Índice ROIA/TMA (%)	1,90	8,04	Projeto B	0	5,64	Projeto B + TMA	Quanto > Melhor
	ROI ou TIRM (%)	18,40	19,71	Projeto B	18	19,20	Projeto B + TMA	Quanto > Melhor
Riscos	Payback	15	8	Projeto B	24	9	Projeto B + TMA	Quanto < Melhor
	TIR (%)	19,61	25,75	Projeto B	18	23,20	Projeto B + TMA	Quanto > Melhor
	Índice Payback/N (%)	62,50	33,33	Projeto B	0	37,50	Projeto B + TMA	Quanto < Melhor
	Índice TMA/TIR (%)	91,81	69,91	Projeto B	100	77,58	Projeto B + TMA	Quanto < Melhor
	Fisher (%)							7,78
Limites de Elasticidade	Δ% TMA	8,93	43,05	Projeto B	0	28,90	Projeto B + TMA	Quanto > Melhor
	Δ% FC ₀	8,56	41,19	Projeto B	0	27,46	Projeto B + TMA	Quanto > Melhor
	Δ% FC _j	7,88	29,17	Projeto B	0	21,54	Projeto B + TMA	Quanto > Melhor
	Δ% FC ₀ e FC _j	4,10	17,08	Projeto B	0	12,07	Projeto B + TMA	Quanto > Melhor
	Δ% TMA e FC ₀	4,37	21,05	Projeto B	0	14,08	Projeto B + TMA	Quanto > Melhor
	Δ% TMA e FC _j	4,19	17,39	Projeto B	0	12,34	Projeto B + TMA	Quanto > Melhor
	Δ% FC ₀ e FC _j e TMA	2,81	12,23	Projeto B	0	8,51	Projeto B + TMA	Quanto > Melhor
	Δ% TMA (Fisher)							56,76

Quadro - Indicadores da MMIA (LIMA et al., 2015; LIMA, 2016)

Fonte: **Software SAVEPI**

Os projetos em que se utiliza o britador de mandíbulas para fazer uma moagem primária e a moagem final com o moinho de bolas não apresenta grandes vantagens no aspecto econômico para a empresa, porém, é uma configuração de uma planta que tem capacidade para produzir muito mais do que a empresa estudada necessita. Seria um caso para implantar uma planta de moagem que atenda mais empresas. Com a utilização do britador de mandíbulas os resíduos que

entram no moinho de bolas são menores e aumentam a eficiência deste, reduzindo o tempo necessário por batelada para transformar o resíduo em pó.

Os resultados dos 3 projetos que se utilizam de dois equipamentos para moer os resíduos está mostrado na Tabela 11. Os fluxos de caixa estão apresentados nos anexos K, L e M.

Tabela 11 - Indicadores dos 3 projetos

Dimensão	Indicador	Projeto A	Projeto B	Projeto C
Retorno	VP	31.075,08	49.218,57	21.126,45
	VPL	-24.924,92	-4.781,43	-32.873,55
	VPLA	-4.572,58	-877,17	-6.030,79
	IBC ₁ ou IL	0,5549	0,9115	0,3912
	ROIA (%)	-2,42	-0,39	-3,83
	Índice ROIA/TMA (%)	-13,47	-2,14	-21,30
	ROI ou TIRM (%)	15,14	17,55	13,47
Riscos	Payback	Não existe	Não existe	Não existe
	TIR (%)	9,34	16,32	5,95
	Índice Payback/N (%)	Não Existe	Não Existe	Não Existe
	Índice TMA/TIR (%)	192,75	110,28	302,32
Limites de Elasticidade	Δ% TMA	-48,12	-9,32	-66,92
	Δ% FC ₀	-44,51	-8,85	-60,88
	Δ% FC _j	-80,21	-9,71	-155,60
	Δ% FC ₀ e FC _j	-28,62	-4,63	-43,76
	Δ% TMA e FC ₀	-23,12	-4,54	-31,88
	Δ% TMA e FC _j	-30,08	-4,76	-46,80
	Δ% FC ₀ e FC _j e TMA	-17,95	-3,09	-26,46

Fonte: **Software SAVEPI (2016)**

O investimento feito para adquirir dois equipamentos é maior e por isso os resultados da análise econômica não se mostram atraentes. Nesses casos a mistura que utiliza 8% de resíduo também é a que apresenta os melhores resultados.

5 CONCLUSÃO

Baseado na possibilidade de reaproveitar os resíduos que são descartados de forma irregular surge à necessidade de implantar um novo equipamento que forneça resíduos na granulometria ideal para ser incorporada a massa.

O objetivo deste trabalho foi de analisar a viabilidade econômica da implantação de um equipamento de moagem em um processo produtivo em que não se utiliza incorporação de resíduos na produção de tijolos cerâmicos. O estudo foi feito de forma hipotética, através do levantamento de dados já existentes e simulações de aumento da produção com a implantação do moinho, de forma a verificar se o aumento na produtividade compensaria o valor do investimento e seus respectivos aumentos nas despesas. De acordo com os resultados alcançados, foi possível constatar a viabilidade do projeto e verificar que a metodologia utilizada é válida e corretamente executada nos diferentes cenários propostos.

Tomando como base os resultados analisados e utilizando os critérios de decisão colocados neste estudo, conclui-se que em todos os casos apresentados é viável se investir em um moinho para produzir chamote utilizando-se dos produtos defeituosos para aumento e melhoria na produção.

Entre os diferentes cenários o mais lucrativo e que mais se aproxima do ideal é o que utiliza 8% de resíduos na preparação da massa, pois assim a quantidade de produtos com defeitos supre a necessidade da incorporação e não sobram produtos defeituosos. No projeto C o resultado acumulado gera R\$ 28848,43 (vinte e oito mil oitocentos e quarenta e oito reais e quarenta e três centavos), utilizando apenas o moinho de bolas e a proporção de 8% de chamote. Para esse projeto o investimento é menor e mesmo trabalhando 8 horas por dia para suprir a necessidade da empresa, é o que apresenta o melhor resultado e se paga em menos tempo, apenas 4 meses. Por outro lado o projeto E é o que apresenta o pior resultado, no acumulado ainda faltam R\$ 13961,10 (treze mil novecentos e sessenta e um reais e dez centavos) para pagar o investimento, porém o valor residual de revenda que é de R\$ 24157,50 (vinte e quatro mil cento e cinquenta e sete reais e cinquenta centavos) cobre essa despesa. Para os casos em que se utilizam dois moinhos, um de mandíbulas para uma moagem primária e um de bolas para

moagem final o investimento é mais alto e nem mesmo na proporção de 8% é rentável, porém o valor de revenda que é de R\$ 33943,00 (trinta e três mil novecentos e quarenta e três reais) é suficiente para cobrir o valor restante acumulado que é de apenas R\$ 4781,43 (quatro mil setecentos e oitenta e um reais e quarenta e três centavos).

Este trabalho contribui positivamente para a prática profissional do engenheiro mecânico na área de produção em uma indústria do ramo de Construção Civil.

Ilustrando além das técnicas utilizadas, os meios para levantamento dos dados mais relevantes, o trabalho técnico apresentado serve também como modelo para projetos de investimentos em outras empresas cerâmicas, desde que feitas as análises físico químicas e mineralógicas da matéria-prima utilizada.

O trabalho também demonstra que a combinação das ferramentas de análises, VPL para se ter a noção do tamanho do montante, TIR para ter ideia do retorno do investimento em termos de porcentagem e *payback* para se ter a noção do tempo que se leva para recuperação do capital, aliado à elaboração de diversos fluxos de caixa, simulando realidades diversas, constituem na contribuição efetiva para o desenvolvimento desse trabalho.

O trabalho realizado demonstra que a viabilidade de empreendimentos de melhoria no processo e expansão da capacidade produtiva em uma cerâmica, mesmo em situações adversas (custo do capital, crise político-econômica, condições do mercado), são viáveis. Além da viabilidade financeira, outros aspectos podem e devem ser considerados para a implantação de um moinho incorporador da chamote, como a melhoria na qualidade do produto final e a grande diminuição de perdas no processo produtivo.

REFERÊNCIAS

ABCERAM - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA. Disponível em:

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 15270-1, Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação - Terminologia e requisitos, Rio de Janeiro, RJ (2005).

BACCELLI JÚNIOR, G. Avaliação do processo industrial da cerâmica vermelha na região do Séri do - RN. 2010. 201 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010. Disponível em: <<http://www.ebah.br>>. Acesso em: 20 out. 2011.

GRIMMER, A.; WILLIAMS, P. K. A brief history of clay roofing tile. Disponível em:

<http://www.aberam.org.br> Acesso em 25 de setembro de 2015.

<http://www.mca-tile.com/history>> Acesso em: 25 setembro de 2015.

RIPOLI, F.F. A Utilização do Rejeito Industrial Cerâmico - Chamote – como Fator de Qualidade na Fabricação de Elementos Cerâmicos: um Estudo Experimental. CERÂMICA 43 (281-282), 1997

RYU, H.; KASAI, E.; KAZUMASA, S.; DAITO, F. Effect of Dry Co-Grinding a Mixed Powder by a Planetary Ball Mill on Formation of $YBa_2Cu_3O_x$ Superconducting Ceramics, *Preprints 1st International Conference of Mecanochemistry*, Kosice May 23-26, 1992.

SILVA, A. V. Análise do processo produtivo dos tijolos cerâmicos no estado do Ceará – Da extração da matéria-prima à Fabricação. Fortaleza: UFC, 2009.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. Decisões Financeiras e análise de investimentos: fundamentos, técnicas e aplicações. 5ª ed. Atlas, São Paulo, 2004.

WELLENKAMP, F.J. Desenvolvimento e Análise de um sistema novo para as moagens micro e ultrafina (Entwicklung und Untersuchung eines neuartigen Mahlsystems für die Mikro und Ultrafeinmahlung). Tese de doutorado na RWTH Aachen, 1996.

WELLENKAMP, F.J. Moagens fina e ultrafina de minerais industriais: uma revisão/Franz-Josef Wellenkamp. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 1999.

ANEXOS

Anexo A: Argila "Gorda"

REDE SENAI PR DE LABORATÓRIOS

RELATÓRIO DE ENSAIOS		N° 11004-090116		Data: 10/10/2016	
Cliente:	Cerâmica J. J. Ltda - ME /Ac Alison				
Endereço:	Rod BR 373 0 KM 276-Prudentópolis- PR				
LABORATÓRIO DE QUÍMICA					
DADOS DA AMOSTRA					
Codificação amostra:	11004-090116				
Identificação da amostra:	Argila gorda				
Quantidade de amostras:	1	Entrada:	23/09/2016	Ensaio:	10/10/2016
RESULTADOS					
Análise química por espectrometria de fluorescência de raios X (FRX) e perda ao fogo (P.F.)					
Codificação da Amostra	11004-090116				
Amostra	Argila gorda				
	Óxido	Teor (%)			
	Na ₂ O	0,00			
	MgO	1,04			
	Al ₂ O ₃	19,45			
	SiO ₂	63,11			
	P ₂ O ₅	400,0 ppm			
	K ₂ O	2,09			
	CaO	287,5 ppm			
	TiO ₂	0,70			
	MnO	513,7 ppm			
	Fe ₂ O ₃	5,38			
	perda ao fogo	8,10			
Ensaio realizado em equipamento Epsilon 3XLE marca PANalytical com tubo de Rh, utilizando fluxo de gás hélio e cálculo de quantificação dos óxidos pela curva padrão Omnic. Material fundido em forno para análise em pérolas.					

Anexo B - Argila "Magra"

REDE SENAI PR DE LABORATÓRIOS

RELATÓRIO DE ENSAIOS		N° 11004-090216		Data: 10/10/2016	
Cliente:	Cerâmica J. J. Ltda - ME /Ac Alison				
Endereço:	Rod BR 373 0 KM 276-Prudentópolis- PR				
LABORATÓRIO DE QUÍMICA					
DADOS DA AMOSTRA					
Codificação amostra:	11004-090216				
Identificação da amostra:	Argila magra				
Quantidade de amostras:	1	Entrada:	23/0916	Ensaio:	10/10/2016
RESULTADOS					
Análise química por espectrometria de fluorescência de raios X (FRX) e perda ao fogo (P.F.)					
Codificação da Amostra		11004-090216			
Amostra		Argila magra			
		Óxido	Teor (%)		
		Na ₂ O	0,00		
		MgO	0,70		
		Al ₂ O ₃	21,97		
		SiO ₂	59,97		
		P ₂ O ₅	607,9 ppm		
		K ₂ O	1,35		
		CaO	238,1 ppm		
		TiO ₂	0,80		
		MnO	728,5 ppm		
		Fe ₂ O ₃	6,14		
		perda ao fogo	8,91		
Ensaio realizado em equipamento Epsilon 3XLE marca PANalytical com tubo de Rh, utilizando fluxo de gás hélio e cálculo de quantificação dos óxidos pela curva padrão Omnian. Material fundido em forno para análise em pérolas.					

Anexo C - Mistura de Argilas "Gorda" e "Magra"

REDE SENAI PR DE LABORATÓRIOS

RELATÓRIO DE ENSAIOS		N° 11004-090316		Data: 10/10/2016	
Cliente:	Cerâmica J. J. Ltda - ME /Ac Alison				
Endereço:	Rod BR 373 0 KM 276-Prudentópolis- PR				
LABORATÓRIO DE QUÍMICA					
DADOS DA AMOSTRA					
Codificação amostra:	11004-090316				
Identificação da amostra:	Argila gorda + magra				
Quantidade de amostras:	1	Entrada:	23/09/2016	Ensaio:	10/10/2016
RESULTADOS					
Análise química por espectrometria de fluorescência de raios X (FRX) e perda ao fogo (P.F.)					
Codificação da Amostra	11004-090316				
Amostra	Argila gorda + magra				
	Óxido	Teor (%)			
	Na ₂ O	0,00			
	MgO	0,91			
	Al ₂ O ₃	19,74			
	SiO ₂	63,09			
	P ₂ O ₅	453,0 ppm			
	K ₂ O	1,79			
	CaO	273,8 ppm			
	TiO ₂	0,73			
	MnO	605,7 ppm			
	Fe ₂ O ₃	5,48			
	perda ao fogo	8,11			
Ensaio realizado em equipamento Epsilon 3XLE marca PANalytical com tubo de Rh, utilizando fluxo de gás hélio e cálculo de quantificação dos óxidos pela curva padrão Omnic. Material fundido em forno para análise em pérolas.					

Anexo D - Resíduo queimado

REDE SENAI PR DE LABORATÓRIOS

RELATÓRIO DE ENSAIOS		Nº 11004-090416		Data: 10/10/2016	
Cliente:	Cerâmica J. J. Ltda - ME /Ac Alison				
Endereço:	Rod BR 373 0 KM 276-Prudentópolis- PR				
LABORATÓRIO DE QUÍMICA					
DADOS DA AMOSTRA					
Codificação amostra:	11004-090416				
Identificação da amostra:	Produto final				
Quantidade de amostras:	1	Entrada:	23/09/2016	Ensaio:	10/10/2016
RESULTADOS					
Análise química por espectrometria de fluorescência de raios X (FRX) e perda ao fogo (P.F.)					
Codificação da Amostra		11004-090416			
Amostra		Produto final			
	Óxido	Teor (%)			
	Na ₂ O	0,00			
	MgO	0,81			
	Al ₂ O ₃	20,15			
	SiO ₂	69,62			
	P ₂ O ₅	384,6 ppm			
	K ₂ O	1,55			
	CaO	493,3 ppm			
	TiO ₂	0,68			
	MnO	589,8 ppm			
	Fe ₂ O ₃	4,70			
	perda ao fogo	2,34			
Ensaio realizado em equipamento Epsilon 3XLE marca PANalytical com tubo de Rh, utilizando fluxo de gás hélio e cálculo de quantificação dos óxidos pela curva padrão Omnian. Material fundido em forno para análise em pérolas.					

Anexo E – Fluxo de Caixa Projeto A

Período (j)	Receita Total (RT _j)	Custo Total (CT _j)	Fluxo de Caixa (FC _j)	FC Descapitalizado para a data zero (FCD _j)	Acumulado (FCDA _j)	Payback (min j)
0	-	-39.000,00	-39.000,00	-39.000,00	-39.000,00	-
1			7198,00	6.100,00	-32.900,00	Ainda não pago
2			7198,00	5.169,49	-27.730,51	Ainda não pago
3			7198,00	4.380,93	-23.349,58	Ainda não pago
4			7198,00	3.712,65	-19.636,94	Ainda não pago
5			7198,00	3.146,31	-16.490,62	Ainda não pago
6			7198,00	2.666,37	-13.824,26	Ainda não pago
7			7198,00	2.259,63	-11.564,62	Ainda não pago
8			7198,00	1.914,94	-9.649,68	Ainda não pago
9			7198,00	1.622,83	-8.026,85	Ainda não pago
10			7198,00	1.375,28	-6.651,57	Ainda não pago
11			7198,00	1.165,49	-5.486,07	Ainda não pago
12			7198,00	987,71	-4.498,37	Ainda não pago
13			7198,00	837,04	-3.661,33	Ainda não pago
14			7198,00	709,36	-2.951,97	Ainda não pago
15			7198,00	601,15	-2.350,82	Ainda não pago
16			7198,00	509,45	-1.841,38	Ainda não pago
17			7198,00	431,74	-1.409,64	Ainda não pago
18			7198,00	365,88	-1.043,76	Ainda não pago
19			7198,00	310,07	-733,70	Ainda não pago
20			7198,00	262,77	-470,93	Ainda não pago
21			7198,00	222,68	-248,25	Ainda não pago
22			7198,00	188,72	-59,53	Ainda não pago
23			7198,00	159,93	100,40	23
24			27198,00	512,12	612,51	24

Anexo F – Fluxo de Caixa Projeto B

Período (j)	Receita Total (RT _j)	Custo Total (CT _j)	Fluxo de Caixa (FC _j)	FC Descapitalizado para a data zero (FCD _j)	Acumulado (FCDA _j)	Payback (min j)
0	-	-26.000,00	-26.000,00	-26.000,00	-26.000,00	-
1			6717,00	5.692,37	-20.307,63	Ainda não pago
2			6717,00	4.824,04	-15.483,58	Ainda não pago
3			6717,00	4.088,17	-11.395,41	Ainda não pago
4			6717,00	3.464,55	-7.930,85	Ainda não pago
5			6717,00	2.936,06	-4.994,79	Ainda não pago
6			6717,00	2.488,19	-2.506,60	Ainda não pago
7			6717,00	2.108,63	-397,97	Ainda não pago
8			6717,00	1.786,98	1.389,01	8
9			6717,00	1.514,39	2.903,40	9
10			6717,00	1.283,38	4.186,78	10
11			6717,00	1.087,61	5.274,39	11
12			6717,00	921,70	6.196,09	12
13			6717,00	781,10	6.977,20	13
14			6717,00	661,95	7.639,15	14
15			6717,00	560,98	8.200,13	15
16			6717,00	475,40	8.675,53	16
17			6717,00	402,89	9.078,42	17
18			6717,00	341,43	9.419,84	18
19			6717,00	289,35	9.709,19	19
20			6717,00	245,21	9.954,40	20
21			6717,00	207,80	10.162,20	21
22			6717,00	176,10	10.338,31	22
23			6717,00	149,24	10.487,55	23
24			11717,00	220,62	10.708,17	24

Anexo G – Fluxo de Caixa Projeto C

Período (j)	Receita Total (RT _j)	Custo Total (CT _j)	Fluxo de Caixa (FC _j)	FC Descapitalizado para a data zero (FCD _j)	Acumulado (FCDA _j)	Payback (min j)
0	-	-37.000,00	-37.000,00	-37.000,00	-37.000,00	-
1			9832,00	8.332,20	-28.667,80	Ainda não pago
2			9832,00	7.061,19	-21.606,61	Ainda não pago
3			9832,00	5.984,06	-15.622,55	Ainda não pago
4			9832,00	5.071,24	-10.551,31	Ainda não pago
5			9832,00	4.297,66	-6.253,65	Ainda não pago
6			9832,00	3.642,08	-2.611,57	Ainda não pago
7			9832,00	3.086,51	474,94	7
8			9832,00	2.615,69	3.090,63	8
9			9832,00	2.216,68	5.307,31	9
10			9832,00	1.878,55	7.185,86	10
11			9832,00	1.591,99	8.777,84	11
12			9832,00	1.349,14	10.126,99	12
13			9832,00	1.143,34	11.270,33	13
14			9832,00	968,93	12.239,26	14
15			9832,00	821,13	13.060,39	15
16			9832,00	695,87	13.756,26	16
17			9832,00	589,72	14.345,99	17
18			9832,00	499,76	14.845,75	18
19			9832,00	423,53	15.269,28	19
20			9832,00	358,92	15.628,20	20
21			9832,00	304,17	15.932,38	21
22			9832,00	257,77	16.190,15	22
23			9832,00	218,45	16.408,60	23
24			29832,00	561,71	16.970,31	24

Anexo H – Fluxo de Caixa Projeto D

Período (j)	Receita Total (RT _j)	Custo Total (CT _j)	Fluxo de Caixa (FC _j)	FC Descapitalizado para a data zero (FCD _j)	Acumulado (FCDA _j)	Payback (min j)
0	-	-24.000,00	-24.000,00	-24.000,00	-24.000,00	-
1			9678,00	8.201,69	-15.798,31	Ainda não pago
2			9678,00	6.950,59	-8.847,72	Ainda não pago
3			9678,00	5.890,33	-2.957,39	Ainda não pago
4			9678,00	4.991,80	2.034,42	4
5			9678,00	4.230,34	6.264,76	5
6			9678,00	3.585,04	9.849,80	6
7			9678,00	3.038,17	12.887,96	7
8			9678,00	2.574,72	15.462,68	8
9			9678,00	2.181,96	17.644,65	9
10			9678,00	1.849,12	19.493,77	10
11			9678,00	1.567,05	21.060,82	11
12			9678,00	1.328,01	22.388,83	12
13			9678,00	1.125,43	23.514,26	13
14			9678,00	953,76	24.468,02	14
15			9678,00	808,27	25.276,29	15
16			9678,00	684,97	25.961,26	16
17			9678,00	580,49	26.541,75	17
18			9678,00	491,94	27.033,68	18
19			9678,00	416,90	27.450,58	19
20			9678,00	353,30	27.803,88	20
21			9678,00	299,41	28.103,29	21
22			9678,00	253,74	28.357,02	22
23			9678,00	215,03	28.572,05	23
24			14678,00	276,37	28.848,43	24

Anexo I – Fluxo de Caixa Projeto E

Período (j)	Receita Total (RT _j)	Custo Total (CT _j)	Fluxo de Caixa (FC _j)	FC Descapitalizado para a data zero (FCD _j)	Acumulado (FCDA _j)	Payback (min j)
0	-	-37.000,00	-37.000,00	-37.000,00	-37.000,00	-
1			4157,50	3.523,31	-33.476,69	Ainda não pago
2			4157,50	2.985,85	-30.490,84	Ainda não pago
3			4157,50	2.530,38	-27.960,46	Ainda não pago
4			4157,50	2.144,39	-25.816,07	Ainda não pago
5			4157,50	1.817,28	-23.998,79	Ainda não pago
6			4157,50	1.540,07	-22.458,72	Ainda não pago
7			4157,50	1.305,14	-21.153,57	Ainda não pago
8			4157,50	1.106,05	-20.047,52	Ainda não pago
9			4157,50	937,33	-19.110,19	Ainda não pago
10			4157,50	794,35	-18.315,84	Ainda não pago
11			4157,50	673,18	-17.642,66	Ainda não pago
12			4157,50	570,49	-17.072,17	Ainda não pago
13			4157,50	483,47	-16.588,70	Ainda não pago
14			4157,50	409,72	-16.178,98	Ainda não pago
15			4157,50	347,22	-15.831,77	Ainda não pago
16			4157,50	294,25	-15.537,51	Ainda não pago
17			4157,50	249,37	-15.288,15	Ainda não pago
18			4157,50	211,33	-15.076,82	Ainda não pago
19			4157,50	179,09	-14.897,73	Ainda não pago
20			4157,50	151,77	-14.745,96	Ainda não pago
21			4157,50	128,62	-14.617,34	Ainda não pago
22			4157,50	109,00	-14.508,34	Ainda não pago
23			4157,50	92,37	-14.415,96	Ainda não pago
24			24157,50	454,87	-13.961,10	Ainda não pago

Anexo J – Fluxo de Caixa Projeto F

Período (j)	Receita Total (RT _j)	Custo Total (CT _j)	Fluxo de Caixa (FC _j)	FC Descapitalizado para a data zero (FCD _j)	Acumulado (FCDA _j)	Payback (min j)
0	-	-24.000,00	-24.000,00	-24.000,00	-24.000,00	-
1			4248,75	3.600,64	-20.399,36	Ainda não pago
2			4248,75	3.051,39	-17.347,98	Ainda não pago
3			4248,75	2.585,92	-14.762,06	Ainda não pago
4			4248,75	2.191,46	-12.570,60	Ainda não pago
5			4248,75	1.857,17	-10.713,43	Ainda não pago
6			4248,75	1.573,87	-9.139,56	Ainda não pago
7			4248,75	1.333,79	-7.805,77	Ainda não pago
8			4248,75	1.130,33	-6.675,44	Ainda não pago
9			4248,75	957,91	-5.717,54	Ainda não pago
10			4248,75	811,79	-4.905,75	Ainda não pago
11			4248,75	687,95	-4.217,80	Ainda não pago
12			4248,75	583,01	-3.634,79	Ainda não pago
13			4248,75	494,08	-3.140,71	Ainda não pago
14			4248,75	418,71	-2.722,00	Ainda não pago
15			4248,75	354,84	-2.367,16	Ainda não pago
16			4248,75	300,71	-2.066,45	Ainda não pago
17			4248,75	254,84	-1.811,61	Ainda não pago
18			4248,75	215,97	-1.595,64	Ainda não pago
19			4248,75	183,02	-1.412,62	Ainda não pago
20			4248,75	155,10	-1.257,52	Ainda não pago
21			4248,75	131,44	-1.126,07	Ainda não pago
22			4248,75	111,39	-1.014,68	Ainda não pago
23			4248,75	94,40	-920,28	Ainda não pago
24			9248,75	174,15	-746,13	Ainda não pago

Anexo K – Fluxo de Caixa Projeto G

Período (j)	Receita Total (RT _j)	Custo Total (CT _j)	Fluxo de Caixa (FC _j)	FC Descapitalizado para a data zero (FCD _j)	Acumulado (FCDA _j)	Payback (min j)
0	-	-56.000,00	-56.000,00	-56.000,00	-56.000,00	-
1			5614,50	4.758,05	-51.241,95	Ainda não pago
2			5614,50	4.032,25	-47.209,70	Ainda não pago
3			5614,50	3.417,16	-43.792,54	Ainda não pago
4			5614,50	2.895,90	-40.896,65	Ainda não pago
5			5614,50	2.454,15	-38.442,50	Ainda não pago
6			5614,50	2.079,79	-36.362,71	Ainda não pago
7			5614,50	1.762,53	-34.600,18	Ainda não pago
8			5614,50	1.493,67	-33.106,51	Ainda não pago
9			5614,50	1.265,82	-31.840,68	Ainda não pago
10			5614,50	1.072,73	-30.767,95	Ainda não pago
11			5614,50	909,09	-29.858,86	Ainda não pago
12			5614,50	770,42	-29.088,44	Ainda não pago
13			5614,50	652,90	-28.435,54	Ainda não pago
14			5614,50	553,30	-27.882,24	Ainda não pago
15			5614,50	468,90	-27.413,34	Ainda não pago
16			5614,50	397,37	-27.015,96	Ainda não pago
17			5614,50	336,76	-26.679,21	Ainda não pago
18			5614,50	285,39	-26.393,82	Ainda não pago
19			5614,50	241,85	-26.151,97	Ainda não pago
20			5614,50	204,96	-25.947,00	Ainda não pago
21			5614,50	173,70	-25.773,31	Ainda não pago
22			5614,50	147,20	-25.626,11	Ainda não pago
23			5614,50	124,75	-25.501,36	Ainda não pago
24			30614,50	576,45	-24.924,92	Ainda não pago

Anexo L – Fluxo de Caixa Projeto H

Período (j)	Receita Total (RT _j)	Custo Total (CT _j)	Fluxo de Caixa (FC _j)	FC Descapitalizado para a data zero (FCD _j)	Acumulado (FCDA _j)	Payback (min j)
0	-	-54.000,00	-54.000,00	-54.000,00	-54.000,00	-
1			8943,00	7.578,81	-46.421,19	Ainda não pago
2			8943,00	6.422,72	-39.998,46	Ainda não pago
3			8943,00	5.442,99	-34.555,48	Ainda não pago
4			8943,00	4.612,70	-29.942,78	Ainda não pago
5			8943,00	3.909,07	-26.033,71	Ainda não pago
6			8943,00	3.312,77	-22.720,94	Ainda não pago
7			8943,00	2.807,43	-19.913,51	Ainda não pago
8			8943,00	2.379,18	-17.534,33	Ainda não pago
9			8943,00	2.016,25	-15.518,08	Ainda não pago
10			8943,00	1.708,69	-13.809,39	Ainda não pago
11			8943,00	1.448,04	-12.361,34	Ainda não pago
12			8943,00	1.227,15	-11.134,19	Ainda não pago
13			8943,00	1.039,96	-10.094,23	Ainda não pago
14			8943,00	881,32	-9.212,91	Ainda não pago
15			8943,00	746,88	-8.466,02	Ainda não pago
16			8943,00	632,95	-7.833,07	Ainda não pago
17			8943,00	536,40	-7.296,67	Ainda não pago
18			8943,00	454,58	-6.842,09	Ainda não pago
19			8943,00	385,23	-6.456,86	Ainda não pago
20			8943,00	326,47	-6.130,39	Ainda não pago
21			8943,00	276,67	-5.853,72	Ainda não pago
22			8943,00	234,47	-5.619,25	Ainda não pago
23			8943,00	198,70	-5.420,55	Ainda não pago
24			33943,00	639,12	-4.781,43	Ainda não pago

Anexo M – Fluxo de Caixa Projeto I

Período (j)	Receita Total (RT _j)	Custo Total (CT _j)	Fluxo de Caixa (FC _j)	FC Descapitalizado para a data zero (FCD _j)	Acumulado (FCDA _j)	Payback (min j)
0	-	-54.000,00	-54.000,00	-54.000,00	-54.000,00	-
1			3789,38	3.211,34	-50.788,66	Ainda não pago
2			3789,38	2.721,47	-48.067,19	Ainda não pago
3			3789,38	2.306,33	-45.760,85	Ainda não pago
4			3789,38	1.954,52	-43.806,33	Ainda não pago
5			3789,38	1.656,37	-42.149,96	Ainda não pago
6			3789,38	1.403,71	-40.746,25	Ainda não pago
7			3789,38	1.189,58	-39.556,67	Ainda não pago
8			3789,38	1.008,12	-38.548,55	Ainda não pago
9			3789,38	854,34	-37.694,22	Ainda não pago
10			3789,38	724,02	-36.970,20	Ainda não pago
11			3789,38	613,57	-36.356,63	Ainda não pago
12			3789,38	519,98	-35.836,65	Ainda não pago
13			3789,38	440,66	-35.395,99	Ainda não pago
14			3789,38	373,44	-35.022,55	Ainda não pago
15			3789,38	316,47	-34.706,08	Ainda não pago
16			3789,38	268,20	-34.437,88	Ainda não pago
17			3789,38	227,29	-34.210,59	Ainda não pago
18			3789,38	192,62	-34.017,98	Ainda não pago
19			3789,38	163,23	-33.854,74	Ainda não pago
20			3789,38	138,33	-33.716,41	Ainda não pago
21			3789,38	117,23	-33.599,18	Ainda não pago
22			3789,38	99,35	-33.499,83	Ainda não pago
23			3789,38	84,19	-33.415,63	Ainda não pago
24			28789,38	542,08	-32.873,55	Ainda não pago