

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

LUCIENE DE SOUZA KICHEL

**VIABILIDADE ECONÔMICA DA SUBSTITUIÇÃO DE LÂMPADAS
FLUORESCENTES POR LED EM PLANTA FABRIL**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

PATO BRANCO

2017

LUCIENE DE SOUZA KICHEL

**VIABILIDADE ECONÔMICA DA SUBSTITUIÇÃO DE LÂMPADAS
FLUORESCENTES POR LED EM PLANTA FABRIL**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Engenharia de Produção, do Departamento Acadêmico de Mecânica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. José Donizetti de Lima

PATO BRANCO

2017



TERMO DE APROVAÇÃO

*Viabilidade Econômica da Substituição de Lâmpadas Fluorescentes por LED em
Planta Fabril*

por

LUCIENE DE SOUZA KICHEL

Esta Monografia foi apresentada em dezessete de março de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Engenharia de Produção. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

José Donizetti de Lima
Prof.(a) Orientador(a)

Gilson Adamczuk Oliveira
Membro titular

Marcelo Gonçalves Trentin
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

AGRADECIMENTOS

Inicialmente gostaria de agradecer ao meu orientador, Prof. Dr. José Donizetti de Lima pela orientação, atenção e confiança depositados.

À minha família pelo incentivo incessante e pelas palavras de conforto nas horas difíceis, sem dúvida não teria conseguido sem o apoio incondicional de todos.

Aos colegas de pós-graduação, pelas experiências compartilhadas e pelos momentos de descontração.

Por fim, a todos que de uma maneira ou outra contribuíram para a realização deste trabalho, o meu muito obrigado.

“Não há investimento que forneça maior lucro do que o conhecimento.”

Autor Desconhecido

RESUMO

KICHEL, Luciene de Souza. **Viabilidade Econômica da Substituição de Lâmpadas Fluorescentes por LED em Planta Fabril**. 2017. 43f. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2017.

A presente monografia tem por objetivo analisar a viabilidade econômica da substituição de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED no parque fabril de uma empresa especializada em terceirização de equipamentos eletrônicos. A pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso, empregando-se técnicas de coleta de dados primários e secundários. Para atingir esse objetivo, foi utilizada a Metodologia Multi-índice Ampliada (MMIA) com as abordagens determinística e probabilística como ferramenta de análise via aplicativo web \$ΔV€Π e planilhas eletrônicas de cálculos (MS-Excel®). Ao verificar a elevada quantidade de lâmpadas dispostas na planta fabril, observou-se que determinados pontos da planta apresentavam baixa qualidade de iluminação, como por exemplo, o almoxarifado, em corredores de circulação e vestiários. Além de manter um alto custo de manutenção, como a troca de reatores e das próprias lâmpadas fluorescentes, optou-se pela troca das mesmas por lâmpadas de LED, tendo como benefícios menor consumo de energia elétrica, menores custos com manutenção, redução da geração de resíduos, além do impacto financeiro. Os principais resultados encontrados foram altos índices de retorno, como por exemplo, índice benefício/custo de 5,1764, indicando que a cada unidade monetária investida retornam 5,1764 unidades e probabilidade de prejuízos praticamente nulas, classificando o investimento como riscos inferiores a 20% e ainda *payback* de 50%, mostrando-se lucrativo a partir do nono mês, ao longo de 60 meses. Todos os dados indicados, por análises determinística e estocástica, estão explícitos em tabelas e gráficos gerados a partir do \$ΔV€Π. Como parecer conclusivo, o projeto de investimento é economicamente viável e recomendável a sua implantação.

Palavras-chave: Lâmpadas de LED. Lâmpadas Fluorescentes. Análise Econômica. Simulação de Monte Carlo. \$ΔV€Π.

ABSTRACT

KICHEL, Luciene de Souza. **Economic Viability of LED Fluorescent Lamp Replacement in Manufacturing Plant.** 2017. 43f. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2017.

The objective of this monograph is to analyze the economic feasibility of replacing fluorescent lamps with LED lamps in the factory park of a company specialized in outsourcing of electronic equipment. The research is characterized as a case study, using primary and secondary data collection techniques. To achieve this goal, the Multi-Indexed Amplified Methodology (MMIA) was used with the deterministic and probabilistic approaches as a tool for analysis via web application \$AV€II and spreadsheets of calculations (MS-Excel®). When verifying the high quantity of lamps arranged in the factory plant, it was observed that certain points of the plant presented low quality of illumination, as for example the warehouse, in corridors of circulation and locker rooms. In addition to maintaining a high cost of maintenance, such as the exchange of reactors and the fluorescent lamps themselves, it was decided to exchange them for LED lamps, having as benefits less electricity consumption, lower maintenance costs, reduced generation of Waste, in addition to the financial impact. The main results were high return indexes, such as a benefit / cost ratio of 5,1764, indicating that each monetary unit invested returned 5,1764 units and probability of practically nil losses, classifying the investment as risk less than 20 % And still payback of 50%, proving profitable from the ninth month, over 60 months. All data indicated by deterministic and stochastic analysis are explicit in tables and graphs generated from \$AV€II As a conclusive opinion, the investment project is economically feasible and recommended for its implementation.

Keywords: LED Lamps. Fluorescent Lamps. Economic Analysis. Monte Carlo Simulation. \$AV€II.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Polígono de Risco Percebido x Risco Máximo	22
Figura 2 – Quadro de Confronto Retorno x Risco Percebido	22
Figura 3 – Fluxograma de Atividades Desenvolvidas.....	30
Figura 4 – Fluxo de Caixa do Projeto de Investimento.....	31
Figura 5 – Tela do Input do \$AV€II para o PI em estudo.....	32
Figura 6 – Fluxo de Caixa e Demonstrativo de Cálculo do Payback (Adaptado)	32
Figura 7 – Quadro de Indicadores do MMIA.....	33
Figura 8 – Espectro de Validade da Decisão	35
Figura 9 – Tela Inicial do \$AV€II para a SMC: Fluxo de Caixa.....	36
Figura 10 – Quadro de Estatísticas Descritivas Obtidas com a SMC.....	37
Figura 11 – Quadro de Probabilidade do PI em Estudo	37
Figura 12 – Distribuição de Probabilidade do VPL - 90% (em azul) está entre 9.224.744,25 e 11.101.141,83.....	37
Figura 13 – Distribuição de Probabilidade do VPL e Ajuste da Normal.....	38
Figura 14 – Distribuição de Probabilidade do VPL Acumulado	38

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 JUSTIFICATIVA.....	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3 INDICADORES FINANCEIROS PARA ANÁLISE DE PROJETOS DE INVESTIMENTO	15
3.1 INDICADORES DE VIABILIDADE ECONOMICA	17
3.1.1 Taxa Mínima de Atratividade (TMA).....	17
3.1.2 Indicadores de Retorno	18
3.1.3 Indicadores de Risco	19
3.2 METODOLOGIA MULTI-ÍNDICE	20
3.3 METODOLOGIA MULTI-ÍNDICE AMPLIADA.....	23
3.4 SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO.....	24
4 METODOLOGIA DA PESQUISA	26
4.1 IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA E FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	27
4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS	27
4.3 TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
5.1 ESTIMATIVAS DO FLUXO DE CAIXA (FC).....	30
5.2 ABORDAGEM DETERMINÍSTICA	31
5.3 ABORDAGEM ESTOCÁSTICA VIA SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO.....	35
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

Na constante busca da eficiência pelas indústrias, um fator importante que deve ser considerado é a quantidade de energia elétrica necessária ao seu funcionamento, pois é um custo fixo em qualquer setor de atuação. Nesse sentido, “na área industrial, a efficientização energética pode trazer significativa redução de custos, bem como aumento no rendimento energético de equipamentos e instalações, com a conseqüente melhoria da qualidade dos produtos fabricados” (COPEL, 2005).

A energia elétrica é como uma commodity e tem a característica particular de não ser armazenável em grande escala, seja por razões técnicas ou de viabilidade econômica, necessitando ser consumida de imediato. Segundo a ANEEL (2015), a partir de 2015, as contas de energia passaram a trazer o sistema de “Bandeiras Tarifárias”. Ainda, segundo a Aneel (2015), o sistema possui três bandeiras: verde, amarela e vermelha e indicam se a energia custa mais ou menos, em função das condições de geração de eletricidade, sendo:

- Bandeira verde: condições favoráveis de geração de energia: a tarifa não sofre nenhum acréscimo;
- Bandeira amarela: condições de geração menos favoráveis: a tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,015 para cada quilowatt-hora (kWh) consumido;
- Bandeira vermelha - Patamar 1: condições mais custosas de geração, a tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,030 para cada quilowatt-hora (kWh) consumido;
- Bandeira vermelha - Patamar 2: condições ainda mais custosas de geração, a tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,045 para cada quilowatt-hora (kWh) consumido.

Conforme explicam Moellmann *et. al.*, (2006), os custos totais de produção da fábrica têm alguns elementos fixos (estes existem independentemente da quantidade produzida) e outros custos existentes variáveis (são os custos que a fábrica tem para cada unidade produzida). Dessa forma, pode-se entender que oscilações de custos não previstos nos gastos gerais de fabricação afetam o desempenho de empresas do ramo industrial. As bandeiras tarifárias podem ser consideradas uma oscilação de custo no presente caso, pois não se sabe com muita

antecedência qual tarifação será aplicada, somente com 30 dias de antecedência. Sendo assim, isso pode ocorrer como determinante em uma decisão de um investimento ou outro.

De acordo com Bley (2012) a iluminação é uma área prioritária na qual se deve buscar reduzir o consumo de energia elétrica, principalmente nas aplicações residenciais e comerciais. Nesse sentido, o LED (Light Emitting Diode, ou Diodo Emissor de Luz) pode contribuir significativamente, pois possui elevada eficiência energética (BLEY, 2012).

O INMETRO (2016), afirma que as lâmpadas de LED são mais econômicas porque sua eficiência luminosa é maior do que as das outras lâmpadas, ou seja, gasta menos energia para gerar a mesma iluminação. Elas podem durar, dependendo do modelo, quatro vezes mais do que as fluorescentes compactas. O tempo, em horas de funcionamento, estimado na embalagem não significa o tempo que a lâmpada vai levar para queimar e sim o período que a lâmpada passará a funcionar com mais ou menos 70% da capacidade luminosa original. Pensando nos quesitos saúde e meio ambiente, as lâmpadas de LED geram menor risco para a saúde dos consumidores e para o meio ambiente, pois não contêm mercúrio na sua constituição, podendo ser descartadas em lixo comum.

Segundo Marteleto (2011), além de alta eficiência energética e maior vida útil (podendo chegar a 50.000 horas para iluminação e até 100.000 horas para sinalização), as lâmpadas LED ainda possuem alto índice de reprodução de cores, chegando a 90% nos LED brancos com temperatura de cor 3.000 K, disponibiliza temperatura de cor de até 6.500 K, abrangendo todas as opções e não emite radiação infravermelha nem ultravioleta.

Mas mesmo com todos os benefícios listados anteriormente, essa é uma tecnologia cara quando comparada às lâmpadas fluorescentes. Atualmente, uma lâmpada fluorescente compacta de 20 W custa entre R\$ 5,90 e R\$ 7,80, já uma lâmpada de LED também de 20 W custa em torno de R\$ 19,90. A diferença de valores pode chegar a 70%. Porém, quando o consumo é acrescentado ao cálculo, uma lâmpada fluorescente tubular de 200 mm consome 220 Wh, considerando que uma calha utiliza duas lâmpadas fluorescentes, obtém-se um consumo de 440 Wh. Já uma lâmpada de LED de 200 mm consome 72 Wh e com a mesma consideração de duas lâmpadas por calha, o consumo cai para 144 W, 67% menos consumo do que a lâmpada fluorescente em uma calha.

Além disso, é preciso considerar o custo de manutenção das lâmpadas LED, pois como sua vida útil é elevada, gera menores gastos com reposição, mão de obra e paradas não programadas, o que é crucial no dia a dia de uma empresa. Segundo o INMETRO (2016), as lâmpadas LED evitam suspensões de serviço, prejuízos e substituições constantes, gerando economia na manutenção, além da praticidade em locais de difícil acesso.

Com o intuito de reduzir despesas mensais e melhorar a qualidade da iluminação, a presente pesquisa analisa a opção de substituição de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED em toda a extensão de um parque fabril de uma empresa especializada em terceirização de montagem de placas e produtos eletrônicos, que dispõem de 320 eletrocalhas com duas lâmpadas cada. Devido a sigilo em relação a dados, esta será tratada aqui apenas como “Empresa”.

Diante do exposto, o objetivo da pesquisa é saber se o “Projeto de Investimento (PI)”, avaliado por meio dos conceitos de Engenharia Econômica, substituição de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED é economicamente viável. Como consequência, avalia-se o impacto do PI no setor financeiro da mesma, considerando a quantidade de lâmpadas trocadas e o tempo de funcionamento da fábrica e das lâmpadas.

1.1 JUSTIFICATIVA

Harzer (2015) em sua tese, destaca a importância da avaliação de riscos em projetos de investimento, principalmente sobre a mensuração destes. O autor também afirma que o emprego de técnicas mais sofisticadas em análise de projetos de investimento em empresas, como a análise de probabilidades, apresentou crescimento de 9 para 48% no intervalo de 1975 à 1992, o que evidencia a crescente preocupação com a análise de projetos de investimento.

Ao analisar o ponto de vista financeiro das empresas, estas buscam alternativas que forneçam, além de produtos de qualidade e com valores competitivos no mercado de atuação, que se comprove a eficiência financeira dessas alternativas, e é preciso um Projeto de Investimento, analisando todos os custos envolvidos durante o processo de produção, aquisições e manutenções de maquinários dentre outros custos envolvidos.

A partir do momento que os custos são contabilizados é possível iniciar um estudo de viabilidade econômica, sendo o caso em questão a substituição de lâmpadas tubulares fluorescentes por LED em parque fabril de uma empresa especializada em terceirização de equipamentos eletrônicos.

O presente projeto de pesquisa busca esclarecer essa questão quanto a viabilidade, onde as vantagens oferecidas pelo sistema atual são minimizadas pelo custo do mesmo, que passa a ser maximizado. Através da metodologia Multi-Índice Ampliada, são gerados os limites de elasticidade para melhorar a percepção dos riscos do investimento (LIMA, 2016), e consequentemente auxiliar no processo de tomada de decisão da implementação ou não do Projeto em questão, pois, segundo Lima *et. al.* (2014), um projeto técnico deve ser sucedido por um estudo de viabilidade econômica, para determinar se a sua execução é viável ou não, pois este torna-se obsoleto se ele é inviável do ponto de vista econômico.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem por objetivo analisar a viabilidade econômica da substituição de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED no parque fabril de uma empresa especializada em terceirização de equipamentos eletrônicos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) analisar o Projeto de Investimento proposto através dos conceitos de Engenharia Econômica;
- b) analisar as expectativas de retorno e risco associados à implantação do Projeto de Investimento;
- c) avaliar o impacto do PI no setor financeiro da empresa objeto de estudo;
- d) avaliar a viabilidade econômica do Projeto de Investimento.

3 INDICADORES FINANCEIROS PARA ANÁLISE DE PROJETOS DE INVESTIMENTO

Segundo Souza e Clemente (2008), um investimento é um desembolso feito no período presente visando gerar um fluxo de benefícios futuros, tendo como base a lógica de que somente se justificam sacrifícios presentes se houver perspectiva de recebimento de benefícios futuros.

Os autores continuam explicando que:

A decisão de se fazer um investimento é parte de um processo que envolve a geração e a avaliação de diversas alternativas que atendam às especificações técnicas do investimento. Após relacionadas as alternativas viáveis tecnicamente é que se analisam quais delas são atrativas financeiramente (SOUZA E CLEMENTE, 2008).

Segundo Farias *et. al.* (2014) “a viabilidade econômica de um projeto está determinada pelo retorno que aplicações de recursos podem proporcionar”, ou seja, consiste em ter conhecimento do valor investido inicialmente e poder determinar qual será o retorno proporcionado.

Pinho *et. al.* (2008), explicam que para verificação da viabilidade econômica de um empreendimento são necessárias informações como o investimento (custo necessários ao projeto), despesas diversas (impostos, corretagem e publicidade), além de valor geral de venda, receita líquida, resultados e fluxo de caixa.

A partir do momento que se dispõem desses elementos, é possível analisar a sua viabilidade econômica e então tomar a decisão de implantação do projeto ou não. Blanck *et. al.* (2011), afirmam que “as decisões tomadas refletem com frequência uma escolha bem fundamentada a respeito de como melhor investir os fundos financeiros”. Ainda segundo os autores, “o que é levado em conta, em um processo de tomada de decisão, é uma combinação de fatores econômicos e não econômicos”.

Para se analisar economicamente um projeto de investimento é possível utilizar-se das ferramentas da Engenharia Econômica. “Atribui-se o nome de Engenharia Econômica ao conjunto de métodos utilizados nas análises de investimentos e às técnicas empregadas na escolha da melhor alternativa” (LIMA, 2016).

Casarotto Filho e Kopittke (2000), afirmam que a Engenharia Econômica objetiva a análise sobre decisões de investimentos considerando inicialmente aspectos econômicos deste, perguntando-se se o investimento é rentável e ainda aplicar corretamente os conceitos econômicos para se ter ciência de tal rentabilidade. Porém os autores afirmam também que não apenas os fatores econômicos e rentáveis devem ser levados em consideração, mas ainda os imponderáveis, que são analisados apenas pela gerência e alta administração, tais como, níveis de emprego dentro da empresa, conquistar novos clientes ou fornecedores, dentre outros fatores.

Segundo Lima (2016), para analisar economicamente a viabilidade de um projeto de investimento devem ser observados alguns princípios fundamentais , sendo eles:

- Considerar que o dinheiro possui dependência do tempo, portanto não se pode operacionalizar quantias em dinheiro que não estejam na mesma data;
- Levar em consideração apenas as diferenças entre as alternativas de investimentos.

Já Souza e Clemente (2008), afirmam que dentre os conceitos econômicos pode-se subdividir estes em dois grandes grupos, sendo eles indicadores associados à rentabilidade do projeto e indicadores associados ao risco do projeto. Os autores explicam que no primeiro grande grupo encontram-se o Valor Presente Líquido (VPL), Valor Presente Líquido Anualizado (VPLa), Taxa Interna de Retorno, Índice Benefício Custo (IBC) e ainda o Retorno Adicional sobre Investimento (ROIA). No segundo grande grupo encontram-se a Taxa Interna de Retorno (TIR), o Período de Recuperação do Investimento (Payback) e o Ponto Fischer.

Os autores continuam explicando que a estimativa de retorno do investimento esperado e do grau de risco associado são os fatores fundamentais para a tomada de decisão quanto ao projeto e investimento, e destacam ainda que:

“potenciais investidores não têm a mesma leitura sobre os retornos esperados e o grau de risco de investimento. Embora o risco não possa ser eliminado, o investidor pode melhorar a sua percepção do risco elevando o nível de informação a respeito do projeto e analisando os indicadores associados ao risco”. (SOUZA E CLEMENTE, 2008).

Segundo Harzer (2015), as decisões de investimento são cruciais e podem tanto aumentar o retorno do capital como destruir o valor de uma empresa. O autor segue explicando que um empreendimento rentável gera expansão dos negócios e realização de novos investimentos, porém é preciso sempre ter a perspectiva de fracasso, pois nenhum negócio está livre de ser mal sucedido e completa afirmando que só se aumentam os retornos dos investimentos aumentando os riscos.

3.1 INDICADORES DE VIABILIDADE ECONOMICA

Souza e Clemente (2008) explicam que a atratividade financeira de um projeto de investimento é conceitualmente simples de ser verificada, sendo que este será atrativo se o Fluxo Monetário de Investimentos superar o valor do investimento que o originou.

Porém Lima (2010), trás a tona o conceito de que na análise de uma proposta e investimento deve ser considerado o fato de a empresa estar perdendo a oportunidade de aplica seu capital em outros investimentos, de forma que a empresa fica amarrada ao projeto.

Conforme explicam também Johann *et. al.* (2014), para analisar a viabilidade financeira de um projeto de investimento existem a Metodologia Clássica e a Metodologia Multi-Índice, “que se caracteriza pelo aprofundamento da avaliação do risco versus a expectativa de retorno”. Ainda segundo os autores, “a principal característica da metodologia clássica é expressa o risco por meio de um *spread* da taxa de desconto do fluxo de caixa”.

3.1.1 Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

Souza e Clemente (2008) defendem a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) como a “melhor taxa, com baixo grau de risco, disponível para aplicação do capital em análise”. Já segundo Schroeder *et. al.* (2005), a TMA é “uma taxa que pode ser definida de acordo com a política de cada empresa, sendo de grande importância na decisão de alocação de recursos nos projetos de investimento”. Casarotto Filho e Kopittke (2000) afirmam que a proposta de investimento deve render, no mínimo, a taxa de juros equivalente à rentabilidade das aplicações correntes e de pouco risco,

e que esta pode ainda ser um fator estratégico conforme o horizonte de planejamento adotado, se a curto prazo ou longo prazo.

Ainda segundo Casarotto Filho e Kopittke (2000), é possível diferenciar uma TMA para pessoa física (que pode ser considerada igual à rentabilidade da caderneta de poupança) e de pessoas jurídicas, sendo a segundo mais complexa devido à gama de alternativas e ações envolvidas.

De maneira geral, pode-se entender a TMA como a taxa mínima para que o projeto de investimento tenha o mais baixo grau de risco possível, e que este deve ser analisado conforme as necessidades específicas da empresa, e esta deve estar atrelada ao prazo estipulado para os rendimentos.

3.1.2 Indicadores de Retorno

Conforme citado anteriormente, Souza e Clemente (2008) subdividem os indicadores econômicos em dois grandes grupos, sendo estes associados ao retorno e ao risco do projeto. Inicialmente, apresentam-se os indicadores de retorno dos projetos de investimento, listados a seguir.

- Valor Presente Líquido (VPL): segundo Souza e Clemente (2008) o VPL “nada mais é do que a concentração de todos os valores esperados de um fluxo de caixa na data zero”, ou seja, o VPL é uma avaliação de investimento que compara o valor presente dos retornos calculados através da TMA (JOHANN, 2014).
- Valor Presente Líquido Anualizado (VPLa): também conhecido como Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE), é uma variação do VPL que concentra todos os valores do fluxo de caixa na data zero, e o projeto de investimento é transformado em uma série uniforme (SOUZA; CLEMENTE, 2008). Em outras palavras, torna-se mais fácil pensar em termo de ganhos por períodos (anos) do que ao final do prazo estipulado.
- Índice Benefício/Custo (IBC): de maneira simples, é o que se espera de retorno por unidade monetária investida. “A hipótese implícita no cálculo IBC é que os recursos liberados ao longo da vida útil do projeto sejam reinvestidos à TMA” (SOUZA; CLEMENTE, 2008). Também pode-se

entender como IBC o percentual rentável esperado ao final do prazo determinado.

- Retorno Adicional sobre o Investimento (ROIA): segundo Souza e Clemente (2008) o ROIA é a melhor estimativa de rentabilidade de projetos de investimento, pois representa o percentual de riqueza gerado pelo projeto, sendo análogo ao conceito de Valor Econômico Agregado (EVA). Também pode ser entendido como percentual de retorno por período além da TMA (LIMA, 2016).

3.1.3 Indicadores de Risco

Segundo Correia Neto (2013), “risco é a mensuração objetiva da incerteza em relação a eventos desfavoráveis”. Para auxiliar nessa mensuração objetiva é possível listar a Taxa Interna de Retorno (TIR), o Período de Recuperação do Investimento (Payback) e o Ponto Fischer, descritos a seguir.

- Taxa Interna de Retorno (TIR): conforme Lima (2010), a TIR é a taxa que anula o fluxo de caixa e deve ser interpretada como uma medida de decisão. Ainda conforme Lima (2010), a distância entre a TIR e a TMA pode ser vista como uma medida de segurança, pois quanto maior essa distância menor o risco do investimento. Casarotto Filho e Kopittke (2000) afirmam que investimentos com a TIR maior que a TMA são considerados rentáveis e passíveis de análise.
- Período de Recuperação do Investimento do Investimento (Payback): Segundo Souza e Clemente (2008), “o payback nada mais é do que o número de períodos necessários para que o fluxo de benefícios supere o capital investido”. Em contextos dinâmicos, esse indicador tem maior importância no processo de tomada de decisão quanto à implantação do projeto de investimento.
- Ponto de Fischer: Souza e Clemente (2008), definem o Ponto de Fischer como:

“tendo em vista o comportamento normativo do binômio risco-retorno (mais ganhos só assumindo mais riscos), Fischer preconiza a existência de um limite para a variabilidade da TMA em que o investidor, em termos de ganho, seria indiferente entre duas alternativas de investimento. Ora, para o investidor ser indiferente é necessário que ambas as alternativas apresentem o mesmo VPL

permitido, matematicamente, que para uma taxa genérica, se igualem as expressões dos VPLs dos projetos” (SOUZA; CLEMENTE, 2008).

3.2 METODOLOGIA MULTI-ÍNDICE

Segundo os autores Souza e Clemente (2008), a Metodologia Multiíndice procura embasar o processo decisório quanto à aceitação ou rejeição de certo projeto de investimento através de vários indicadores, resultando em informações mais consistentes e também aprofundar a avaliação do risco e retorno.

Conforme os autores, a essência da metodologia multi-índice consiste em:

1. Não incorporar o prêmio pelo risco como um spread sobre a TMA;
2. Expressar a rentabilidade do projeto por meio do ROIA como um retorno adicional além do que seria auferido pela aplicação do capital a títulos de baixo risco;
3. Utilizar uma análise ambiental para aprofundar a avaliação sobre os riscos envolvidos;
4. Confrontar os ganhos esperados com a percepção dos riscos de cada projeto. (SOUZA; CLEMENTE, 2008)

Assim, subentende-se que um determinado grupo de indicadores apresentam resultados com maior confiabilidade do que simplesmente indicadores isolados, propiciando ao gerenciador maior consistência em relação à tomada de decisão entre projetos, ou entre a implementação ou não de um determinado projeto de investimento.

Como foi exposto anteriormente, a Metodologia Multiíndice subdivide os indicadores em dois grandes grupos, sendo eles os indicadores de retorno (VP, VPL, VPLa, IBC e ROIA), e indicadores de risco (TIR, Pay-Back, TMA/TIR e Pay-Back/N). O indicador VP consiste no Valor Presente do fluxo de caixa. O indicador Pay-Back/N consiste no tempo proposto para o retorno do investimento dividido pelo horizonte de planejamento proposto. Segundo Lima (2010), tanto o Pay-Back/N quanto o indicador TIR/TMA, quanto menor o valor obtido melhores condições se apresentam para o projeto.

Outros indicadores também pertencentes à Metodologia Multiíndice são listados a seguir.

- Grau de comprometimento da Receita (GCR): esse indicador está relacionado ao Ponto de Equilíbrio Operacional (PEO) que determina a quantidade mínima a ser produzida e vendida em um período de tempo

conhecido, podendo pagar todos os custos envolvidos porém sem obter lucro. Uma questão importante em relação ao PEO é determinar sua posição relativa ao máximo de atividades. Portanto, o GCR é obtido através da razão entre o PEO e a receita no nível máximo de atividades, gerando valores entre zero e um. Assim, quanto mais próximo de 1 estiver o GCR, maior será o risco operacional do projeto (SOUZA; CLEMENTE, 2008).

- Risco de Gestão: está relacionado ao gestor em si, ou ao grupo administrativo, considerando o conhecimento acumulado ao longo da experiência profissional e ao conhecimento do processo produtivo, comercial e canais de distribuição e condução de negociações, pois esse fator pode fazer a diferença em momentos desfavoráveis à empresas. Esse indicador pode ser mensurado em uma escala de 0 a 1, onde 1 implica competência suficiente para gerenciar situações de crise e deve ser analisado de forma isolada de empresa para empresa (SOUZA; CLEMENTE, 2008).
- Risco de Negócio: pode-se dizer que são fatores ambientais que podem influenciar no projeto de investimento, isto é, concorrências entre empresas, tendências da economia e do setor de atividade, etc. Esse indicador pode ser a combinação de análises PEST (político, econômico, social e tecnológico), 5 Forças de Porter (concorrentes, clientes, fornecedores e entrantes) e SWOT (pontos fortes, fracos, oportunidades e ameaças) e pode ser mensurável de forma análogo ao Risco de Gestão (SOUZA; CLEMENTE, 2008).

Em síntese, ao analisar os dois grandes grupos formados pelos indicadores econômicos dentro da Metodologia Multiíndice, pode-se listar:

- Indicadores de Retorno: VP, VPL, VPLa, IBC e ROIA;
- Indicadores de Risco: TMA/TIR, Pay-Back/N, GCR, Risco de Gestão e Risco de Negócio.

Com relação aos riscos, observa-se na Figura 1, o risco percebido contra o risco máximo oferecido pelo projeto de investimento.

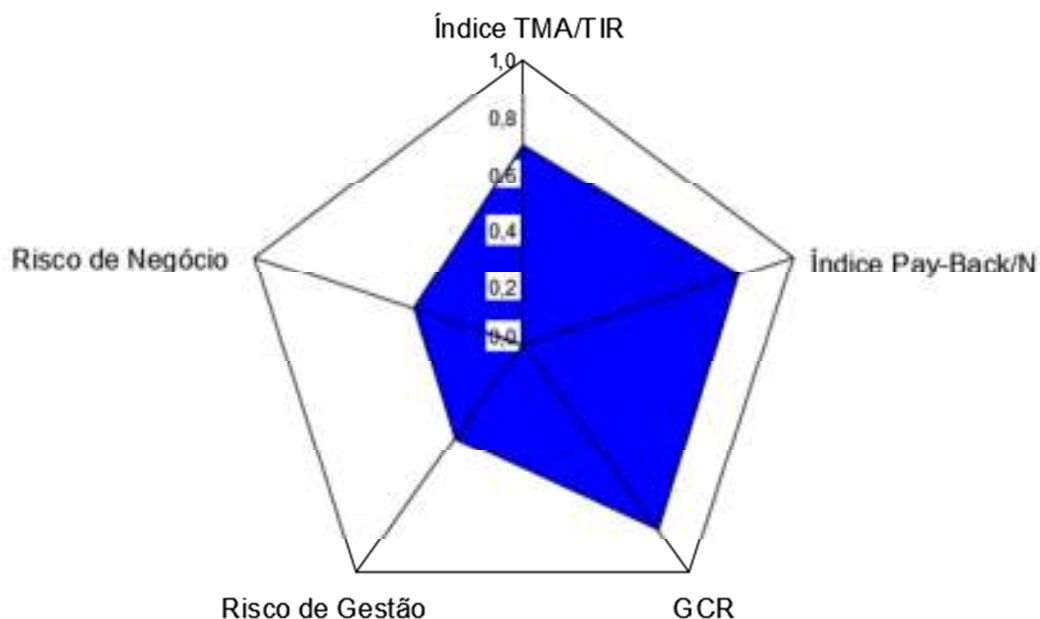


Figura 1 – Polígono de Risco Percebido x Risco Máximo
Fonte: Adaptado de Souza e Clemente (2008)

Ao analisar a Figura 1, nota-se que a área central representa o Risco Percebido, ao passo que o polígono externo representa o Risco Máximo do projeto de investimento. É possível analisar também com relação à natureza do risco, no caso da Figura 1, nota-se que o risco maior está relacionado ao Pay-Back/N.

Resta relacionar os indicadores de retorno no investimento, que são vistos na Figura 2.

Indicadores	Baixo 0,0 a 0,2	B / M 0,2 a 0,4	Médio 0,4 a 0,6	M / A 0,6 a 0,8	Alto 0,8 a 1,0
ROIA	[Histograma de distribuição]				
Índice TMA/TIR	[Histograma de distribuição]				
Índice Pay-Back/N	[Histograma de distribuição]				
GCR	[Histograma de distribuição]				
Risco de Gestão	[Histograma de distribuição]				
Risco de Negócio	[Histograma de distribuição]				

Figura 2 – Quadro de Confronto Retorno x Risco Percebido
Fonte: Adaptado de Souza e Clemente (2008)

Ao analisar o quadro de confronto de indicadores, nota-se que indicadores de indicadores de risco posicionam-se a direita do índice ROIA, que representa o indicador de retorno do projeto de investimento, mostrando que a relação está desbalanceada, isto é, há baixos retornos para médios à altos riscos.

3.3 METODOLOGIA MULTI-ÍNDICE AMPLIADA

A Metodologia Multiíndice proposta por Souza e Clemente (2008) e ampliada por Lima *et. al.* (2015) e Lima (2016) incorpora Limites de Elasticidade (LEs) para melhorar a percepção dos riscos envolvidos no projeto de investimento, sendo estes:

- Índice $\Delta\%$ TMA \uparrow : aumento máximo admitido à TMA antes de tornar o projeto inviável ao ponto de vista econômico.
- Índice $\Delta\%$ C \uparrow : aumento máximo admitidos nos custos totais antes de tornar o projeto de investimento inviável ao ponto de vista econômico.
- Índice $\Delta\%$ R \downarrow : redução máxima admitida nas receitas totais antes de tornar o projeto de investimento inviável ao ponto de vista econômico.
- Índice $\Delta\%$ (C \uparrow \cap R \downarrow): variação máxima admitida de forma simultânea nos custos totais (aumento) e nas receitas totais brutas (redução) antes de tornar o projeto de investimento inviável ao ponto de vista econômico.
- Índice $\Delta\%$ (TMA \uparrow \cap C \uparrow): aumento máximo simultâneo da TMA e dos custos envolvidos antes de tornar o projeto de investimento inviável ao ponto de vista econômico.
- Índice $\Delta\%$ (TMA \uparrow \cap R \downarrow): aumento máximo na TMA utilizada e redução máxima da receita esperada de forma simultânea antes de tornar o projeto de investimento inviável ao ponto de vista econômico.
- Índice $\Delta\%$ (TMA \uparrow \cap C \uparrow \cap R \downarrow): aumento máximo da TMA utilizada e dos custos esperados e redução máxima nas receitas esperada de forma simultânea antes de tornar o projeto de investimento inviável ao ponto de vista econômico.

À esses índices, os autores intitularam Análise de Sensibilidade (AS) sobre os quais consideram-se as incertezas associadas à evolução temporal do projeto de investimento (LIMA *et. al.*, 2015). Portanto, tais índices mostram o quão sensível é o projeto de investimento, o que vai auxiliar na tomada de decisão quanto a implementação ou não deste.

Tendo como base os conceitos expostos relacionados à Engenharia Econômica, Southier *et. al.* (2016) desenvolveram um sistema para auxiliar no processo de análise da viabilidade econômica de projetos de investimento,

denominado $\$ \Delta V \epsilon \pi$ (Sistema de Análise de Viabilidade Econômica de Projetos de Investimento), que foi utilizado para o desenvolvimento do presente trabalho.

3.4 SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO

Segundo Correia Neto (2013), o Método de Monte Carlo (MMC) ou Simulação de Monte Carlo (SMC) consiste em simular cenários futuros através de ferramentas computacionais com base em variáveis estocásticas. A simulação também pode ser entendida como uma análise comportamental que tem como base a estatística e através disso calcula o valor esperado para o projeto e sua medida de risco (LIMA, 2016; CORREIA NETO, 2013).

Correia Neto (2013) especifica as etapas que devem ser seguidas para realizar uma simulação de Monte Carlo, sendo elas:

1. Criar um modelo que descreva o fluxo de caixa e calcule o VPL do projeto;
2. Especificar a distribuição de probabilidades de cada variável estocástica do fluxo de caixa e especificar os valores das variáveis estocásticas;
3. O computador atribui aleatoriamente um valor para cada variável estocástica dentro da distribuição de probabilidade especificada para ele;
4. Os valores gerados para cada variável estocástica, juntamente com os demais valores, são empregados no modelo para determinar os fluxos de caixas líquidos para cada período e calcular um VPL;
5. As etapas 3 e 4 são repetidas n vezes, resultando em n VPLs, que compõem uma distribuição de probabilidades. (CORREIA NETO, 2013).

O autor descreve ainda algumas vantagens da SMC em relação à outros métodos de avaliação de risco, tais como a geração de centenas ou milhares de cenários através de simulações computadorizadas e também a extensão dos resultados juntamente com a probabilidade vinculada à este (CORREIA NETO, 2013).

Para Lima (2016) a incerteza trás uma nova dimensão à análise de projetos de investimento por tratar-se de um fato, pois pode-se prever eventos futuros mas não é possível precisar quando estes ocorrerão, como por exemplo, vendas de determinado produto ou ainda manutenção de um equipamento.

Assim, para as metodologias expostas nos itens anteriores, tinha-se o conhecimento determinístico dos elementos que compõem o fluxo de caixa, como por exemplo, sabia-se precisar a TMA, o horizonte de planejamento, quais seriam as receitas e os custos envolvidos. Em uma simulação é possível estimar valores e compor um fluxo de caixa representativo para o projeto através de aproximações e assim atribuir uma probabilidade à essa aproximação (LIMA, 2016).

Correia Neto (2013) explica que para estabelecer a distribuição de probabilidades é possível utilizar-se de dados históricos de cada variável estocástica, pois o comportamento passado desta pode indicar parcialmente o seu comportamento futuro. Na falta de dados históricos é possível estabelecer estimativas gerenciais com base nas expectativas da equipe responsável, desde que seja estabelecida uma regra de formação da variável, para que seja possível garantir sua aleatoriedade.

Uma desvantagem do método, segundo os autores citados anteriormente, é a exigência de hardware, pois quanto maior o número de simulações, mais próximo da realidade será o valor gerado, o que pode acarretar em longas esperas conforme o número de simulações.

4 METODOLOGIA DA PESQUISA

A presente monografia apresenta um Projeto de Investimento (PI) para a aquisição de 640 lâmpadas de LED tubulares em substituição de lâmpadas fluorescentes tubulares em toda a extensão da planta fabril de uma empresa especializada em terceirização de montagem de placas e produtos eletrônicos.

A abordagem metodológica aplicada constitui-se de um estudo de caso, no qual a referida empresa foi visitada e por meio de entrevistas individuais semiestruturadas com a gerência, obtendo-se assim os dados necessários a condução da pesquisa.

Segundo Cesar (2006), “O método do estudo de caso enquadra-se como uma abordagem qualitativa e é frequentemente utilizado para coleta de dados na área de estudos organizacionais”. Seguindo o método de pesquisa de Gil (2002), o estudo de caso é uma modalidade de pesquisa amplamente utilizada, consiste no estudo profundo de poucos objetos de maneira que permita o seu amplo conhecimento e sua utilização maior é em estudos exploratórios e descritivos. Para isso, é possível fragmentar a pesquisa em etapas, a saber:

- Formulação do problema: constitui a etapa inicial da pesquisa e necessita de um longo tempo de reflexão e fontes bibliográficas adequadas;
- Determinação do número de casos: podem ser constituídos tanto de um único caso como de múltiplos casos. O procedimento mais adequado consiste em adicionar casos até que a necessidade de dados seja satisfatória;
- Coleta de dados: o estudo de caso utiliza sempre mais de mais de uma técnica de coleta de dados a fim de garantir a qualidade dos resultados;
- Análise dos dados: como os procedimentos para coleta de dados são vários, a análise destes pode envolver diferentes modelos de análise;
- Redação do relatório: elaborados sob forma de narrativa.

A partir das definições de Cesar (2006) e Gil (2002), as etapas a serem seguidas na presente monografia são:

- Identificação do projeto de investimento e determinação de caso único;
- Levantamento de dados econômicos e técnicos ao projeto de investimento;

- Tratamento e análise dos dados via sistema web \$AV€π\$;
- Apresentação e discussão dos resultados obtidos.

4.1 IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA E FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

O objeto de estudo é uma empresa especializada em terceirização de montagem de placas e produtos eletrônicos, com uma planta fabril de 9.000 m² de área construída, com localização estratégica em um Polo Regional que tem capacidade produtiva de mais de 250 mil componentes por hora.

Segundo dados de 2015, o consumo médio mensal da planta fabril é de 237.000 kWh. Esse consumo médio necessita de redução, buscando diminuir o faturamento de energia elétrica como uma forma de manter-se competitiva no mercado em que atua, principalmente levando em consideração a nova metodologia de tarifação por bandeiras imposta. Nesse sentido, o PI sobre a substituição das lâmpadas precisa ser analisado sob a ótica econômica, tendo em vista que as vantagens técnicas são evidentes e já foram destacadas anteriormente.

A política atual de aprovação de PI da empresa em questão é definida somente pelo Payback, o qual deve ser inferior a 1 ano. Contudo, isso não está de acordo com o que preconiza a NBR 14653-4: Avaliação de Bens – Parte 4 – Empreendimentos, que diz: “na apresentação dos resultados relativos à identificação do valor, podem ser apresentadas, adicionalmente, referências às rentabilidades financeira e econômica do empreendimento, bem como sobre suas taxas de retorno e Payback, entre outros, comparados, quando possível, com os indicadores setoriais correspondentes” (ASSOCIAÇÃO..., 2002). Portanto, deve utilizar mais de um indicador para avaliar economicamente um PI, pois este não considera o que ocorre após esse período.

4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS

O levantamento dos dados foi realizado em visita in loco à Empresa e por meio de entrevista individual semiestruturada com a gerência de produção. Na sequência são descritos os dados obtidos com a realização dessa etapa da pesquisa.

A planta fabril possui 320 calhas com duas lâmpadas cada, gerando um consumo total de 140.800 Wh ou 140,8 kWh. Considerando a utilização de 15 horas/dia, durante 25 dias, tem-se o consumo total mensal de 52.800 kWh com o uso das lâmpadas fluorescentes. Por outro lado, considerando uma tarifa média de R\$ 0,44/kWh, resulta em um total de R\$ 23.232,00/mês. Além disso, há custos com manutenção, como por exemplo, substituição de lâmpadas e reatores, que nos últimos 3 anos foi de R\$ 9.800,00/ano. Para melhor entender o estudo proposto, apresenta-se na Tabela 1, as diferenças entre o sistema atual e o sistema proposto.

Tabela 1 – Comparativo Entre o Sistema Atual e o Proposto

Características	Sistema Atual	Sistema Proposto	Diferenças
Tipo de Lâmpada	Fluorescente	LED	Economia
Energia Elétrica consumida (kWh)	52.800	17.280	35.520
Custo Mensal (R\$)	23.232,00	7.603,20	15.628,80
Manutenção Mensal (R\$)	816,67	Não há	816,67
		Economia Mensal (R\$)	16.445,47

Fonte: Autoria Própria

Um orçamento foi realizado pela organização proponente do PI junto à empresa fornecedora do sistema de iluminação LED. Nesse orçamento, já estão inclusos os custos de instalação e de manutenção para um horizonte de planejamento de 5 anos. Assim, por meio de pesquisa de valores foi realizada para o levantamento do investimento inicial, chegando ao valor de R\$ 139.778,00. Considerando que os materiais não poderão ser revendidos posteriormente e devem ser descartados, o Valor Residual (VR) será considerado como nulo.

Para comprovar o consumo das calhas, foram realizadas medições em diferentes pontos da área fabril, no qual comprovou-se a diminuição da qualidade da energia devido aos componentes harmônicos gerados pelos reatores, porém estes não foram contabilizados nos estudos. Além disso, análises qualitativas da iluminação do ambiente de trabalho foram realizadas, tomando como base na NBR ISO/CIE 8995-1 Iluminação de Ambientes de Trabalho – Parte 1: Interior, que

especifica os requisitos de iluminação para locais de trabalho internos e para que possam ser desempenhadas tarefas visuais eficientes (ASSOCIAÇÃO..., 2013).

4.3 TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

Para o tratamento e análise dos dados obtidos, foram aplicados conceitos de Engenharia Econômica a partir da questão: Qual alternativa de investimento deve ser escolhida dentre as duas opções existentes, levando em consideração critérios econômicos (rentabilidade de investimentos), critérios financeiros (disponibilidade de recursos) e critérios imponderáveis (segurança, facilidade de manutenção, qualidade e meio ambiente) (CASAROTTO FILHO E KOPITTKKE, 2010; KLIEMANN NETO, 2011).

A alternativa proposta de troca de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED atende a esses critérios, necessitando verificar a rentabilidade de investimento, pois a empresa dispõe dos recursos necessários para investimento e o PI em estudo atende aos quesitos de segurança, manutenção qualidade e meio ambiente.

Para realizar o tratamento dos dados obtidos utilizou-se a Metodologia Multi-Índice Ampliada (MMIA). Segundo Ferreira (2004), Souza e Clemente (2009), Rasoto et al. (2012), Lima et al. (2013), Lima et al. (2015) e Lima et al. (2017), a principal justificativa para a utilização dessa metodologia é propiciar ao tomador de decisão uma visão mais abrangente do investimento, em relação a rentabilidade e riscos do empreendimento em avaliação.

Lima et al. (2017), explica que a MMIA inicialmente considera dois grupos de indicadores a partir do fluxo de caixa descontado, sendo o primeiro o conjunto composto pelos indicadores: Valor Presente Líquido (VPL), Valor Presente Líquido Anualizado (VPLA), Índice Benefício/Custo (IBC), Retorno Adicional do Investimento (ROIA) e índice ROIA/TMA, sendo TMA, a Taxa Mínima de Atratividade do PI, que melhoram a percepção do retorno. Por outro lado, o segundo conjunto indica os riscos do investimento, composta por índices TMA/TIR e Payback/N. Contudo, a MMIA, além desses dois grupos, incorpora-se Limites de Elasticidade (LEs) e Valores-Limites (VLs), para melhor percepção dos riscos associados ao empreendimento em análise (LIMA et al., 2015).

Os resultados da MMIA serão gerados por meio do aplicativo web $\$AV\epsilon P$. Esse sistema, de acesso livre, por meio de um cadastro, permite a geração dos indicadores e gráficos preconizados pela MMIA, permitindo que o usuário dedique mais tempo na etapa fundamental que é a análise dos resultados. Isso facilita o processo de tomada de decisão. Nesta fase da pesquisa serão seguidas as etapas descritas na Figura 3.

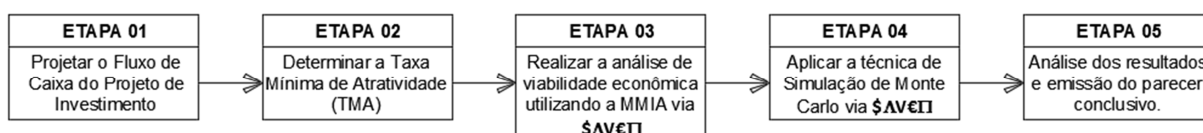


Figura 3 – Fluxograma de Atividades Desenvolvidas

A próxima seção destaca por meio de tabelas e gráficos, o fluxo de caixa projetado e descapitalizado, o processo de cálculo do payback descontado e a análise dos indicadores da MMIA nas dimensões de retorno, riscos, limites de elasticidade, valores-limite e a emissão do parecer conclusivo acerca do investimento.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Essa seção apresenta os resultados encontrados com a aplicação da Metodologia Multi-índice Ampliada (MMIA) via $\$AV\epsilon P$ e analisa-os de forma crítica.

5.1 ESTIMATIVAS DO FLUXO DE CAIXA (FC)

Seguindo o fluxograma de atividades exposto na Figura 3, foi projetado o Fluxo de Caixa (FC) para o Projeto de Investimento (PI), como detalha a Figura 4. O Investimento Inicial (no período zero) é de R\$ 139.778,00. Esse valor foi obtido por meio de pesquisas e orçamentos com vários fornecedores de lâmpadas de LED, sendo utilizado o menor valor encontrado, desde que atendesse as especificações técnicas definidas pela empresa. Os demais valores necessários para elaborar o FC foram estimados com base nas informações fornecidas pela gerencia de produção da empresa. Em seguida, definiu-se o período de análise desse investimento (horizonte de planejamento), o qual ficou estabelecido em 60 meses.

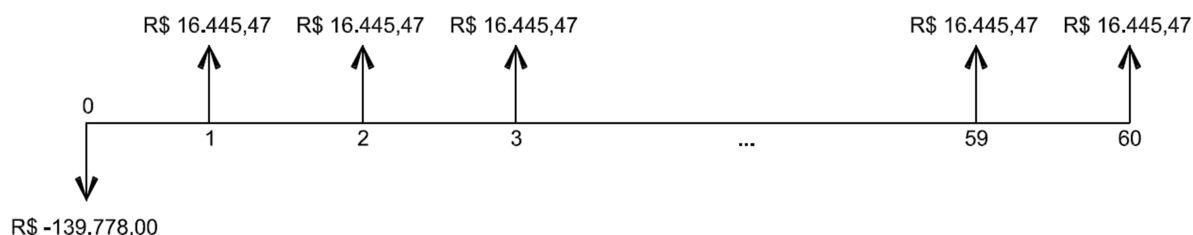


Figura 4 – Fluxo de Caixa do Projeto de Investimento

Observa-se que o FC foi considerado constante, ou seja, não foram consideradas as alterações tarifárias de energia elétrica ao longo do horizonte de análise ou outras correções, tais como inflação, imposto de renda e depreciação, conforme recomendação da NBR 14653-4: Avaliação de Bens – Parte 4 – Empreendimentos, que diz: “Os valores são projetados, em geral, em moeda constante” (ASSOCIAÇÃO..., 2002).

Seguindo a Fase 2 da metodologia proposta, após projetar o FC foi necessário definir a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) da empresa, preferencialmente uma taxa quase livre de riscos para se descontar a projeção realizada (SOUZA e CLEMENTE, 2009; RASOTO et al., 2012). A TMA utilizada para os cálculos foi obtida a partir do histórico da Taxa básica de Juros fornecida pelo Banco Central do Brasil (BACEN, 2016), pois a empresa proponente não quis divulgar a taxa de atratividade interna. A taxa SELIC tem como unidade o ano, porém, o horizonte de planejamento é de 60 meses. Assim, foi necessário calcular a taxa equivalente ao mês, resultando em 1,0794% ao mês. Por outro lado, o FC foi estimado com base em informações referentes à redução de custos (Tabela 1), os quais também são apresentados na Figura 4.

5.2 ABORDAGEM DETERMINÍSTICA

Após a etapa de coleta de dados, foi possível aplicar a MMIA via $\$ \Delta V \epsilon \pi$. Foi utilizado o “Módulo de Abordagem Determinística – 1 Projeto – Recursos Próprios”. A Figura 5 mostra a tela do aplicativo $\$ \Delta V \epsilon \pi$ com a inserção dos dados levantados.



Tela do Input do \$ΔV€Π para o PI em estudo

Figura 5 – Tela do Input do \$ΔV€Π para o PI em estudo

Ao pressionar o botão calcular, o aplicativo \$ΔV€Π gera o FC e o demonstrativo de cálculo do payback descontado (Figura 6), o quadro de indicadores da MMIA (Figura 7) e um quadro confrontando o retorno esperado versus os riscos estimados (Tabela 2).

Período (j)	Receita Total (RT _j)	Custo Total (CT _j)	Fluxo de Caixa (FC _j)	FC Descontado para a data zero (FC _{0j})	Acumulado (FCDA _j)	Payback (mês j)
0	-	-139778.00	-139778.00	-139778.00	-139778.00	-
1			16445.47	16.209.80	-123.068.19	Ainda não pago
2			16445.47	16.096.11	-107.412.04	Ainda não pago
3			16445.47	15.924.23	-91.487.81	Ainda não pago
4			16445.47	15.794.10	-75.733.63	Ainda não pago
5			16445.47	15.595.94	-60.147.69	Ainda não pago
6			16445.47	15.419.50	-44.728.19	Ainda não pago
7			16445.47	15.254.54	-29.473.35	Ainda não pago
8			16445.47	15.091.94	-14.381.41	Ainda não pago
9			16445.47	14.930.78	549.37	9
10			16445.47	14.771.33	15.320.70	10
55			16445.47	8.111.72	539.650.62	55
56			16445.47	8.014.42	548.665.03	56
57			16445.47	8.918.15	557.585.18	57
58			16445.47	8.822.92	566.406.10	58
59			16445.47	8.728.70	575.134.80	59
60			16445.47	8.635.49	583.770.29	60

Figura - Fluxo de Caixa e Demonstrativo de Cálculo do Payback Descontado

Figura 6 – Fluxo de Caixa e Demonstrativo de Cálculo do Payback (Adaptado)

Ao término da etapa de cálculo, utilizando o \$ΔV€Π, é possível avaliar criticamente os resultados obtidos, sob a Abordagem Determinística. De acordo com a análise da dimensão do retorno do PI, espera-se que esse projeto gere R\$ 723.548,29 (VP – Valor Presente), o que implica em um Valor Presente Líquido (VPL) de R\$ 583.770,29 em 60 meses, ou equivalente a R\$ 13.268,47 por mês (VPLA – Valor Presente Líquido Anualizado). O Índice Benefício/Custo (IBC) foi de 5,1764, ou seja, a cada R\$ 1,00 investido há a expectativa de retorno de R\$ 5,1764. O valor obtido para o Índice ROIA foi de 2,78%. Já o Índice ROIA/TMA de 257,37%, permite classificar o investimento como de retorno elevado (> 100%), segundo a escala proposta por Lima (2017), conforme a Tabela 2.

Ao analisar a dimensão dos riscos, observa-se que o PI apresenta um retorno em aproximadamente 9 meses. O índice de Payback/N, em que N é o horizonte de planejamento (60 meses) é de 15%, o que significa que o projeto precisa ser promissor por pelo menos 15% do horizonte estimado. Por outro lado, o índice TMA/TIR foi de 9,19%, classificando o investimento como risco de nível baixo (0 – 20%), conforme Lima (2017), como destaca a Tabela 2.

DIMENSÃO	INDICADOR	VALOR ESPERADO
RETORNO (Souza e Clemente, 2009)	VP (R\$)	723.548,29
	VPL (R\$)	583.770,29
	VPLA (R\$)	13.268,47
	IBC	5,1764
	ROIA (%)	2,78
	Índice ROIA/TMA (%)	257,37
RISCOS (Souza e Clemente, 2009)	Payback (meses)	9
	TIR (%)	11,75
	Índice Payback/N (%)	15,00
	Índice TMA/TIR (%)	9,19
LIMITES DE ELASTICIDADE (Lima <i>et al.</i> , 2015)	$\Delta\%$ TMA	988,60
	$\Delta\%$ FC ₀	417,64
	$\Delta\%$ FC _i	80,68
	$\Delta\%$ FC ₀ e FC _i	67,62
	$\Delta\%$ TMA e FC ₀	293,61
	$\Delta\%$ TMA e FC _i	74,59
	$\Delta\%$ FC ₀ e FC _i e TMA	63,29
VALORES-LIMITE (Lima, 2017)	TMA (%)	11,75
	FC ₀ (R\$)	723.548,29
	FC _{i (1 a 59)} (R\$)	3.177,00
	FC ₆₀ (R\$)	3.177,00

Figura 7 – Quadro de Indicadores do MMIA

Com relação aos Limites de Elasticidade (LEs) e Valores-Limite (VLs), a TMA admite uma variação de 988,61% antes de este ser economicamente viável, sendo o valor-limite de 11,75%. Já o Investimento Inicial (FC₀) pode sofrer um acréscimo de até 417,64%, com um valor-limite de R\$ 723.548,29 (VP). Por outro

lado, o FC permite uma redução máxima de 80,68% com valor limite de R\$ 112.772,89.

Tabela 2 – Quadro de Confronto de Retorno Esperado x Risco Estimado ao Retorno

CATEGORIA	Índice	Baixo (B)	B- Médio	Médio (M)	M- Alto	Alto	Observação
RETORNO	ROIA/TMA(%)						Excelente: 257,37
RISCOS	Payback/N(%)	15,00					
	TMA/TIR(%)	9,19					
LIMITES DE	$\Delta\%$ TMA						Excelente: 988,61
ELASTICIDADE	$\Delta\%$ FC ₀						Excelente: 417,64
	$\Delta\%$ FC _j					80,68	
ESCALA PROPOSTA		0% a	20% a	40% a	60% a	80% a	
		20%	40%	60%	80%	100%	> 100%

Fonte: Aatoria Própria

Ao analisar o FC descapitalizado e acumulado, observa-se por meio do Payback que o PI passa a render lucros à organização proponente a partir do nono mês de implantação, tempo menor que os 12 meses impostos pela empresa como pré-requisito para aprovação de um PI. Observa-se também, conforme os dados apresentados no Quadro de Indicadores da MMIA e do Quadro de Confronto Esperado x Risco Associado ao Retorno, que a substituição proposta é recomendável, pois o retorno é excelente, os riscos são baixos, os quais são minimizados pelos LEs e VLs. Por fim, a Figura 8 mostra o espectro de validade da decisão (SOUZA e CLEMENTE, 2009).

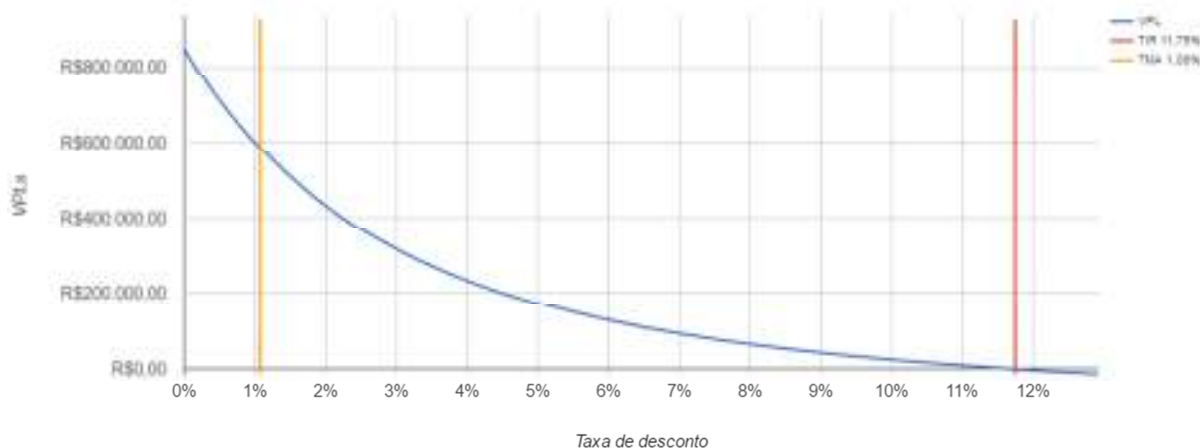


Figura 8 – Espectro de Validade da Decisão

5.3 ABORDAGEM ESTOCÁSTICA VIA SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO

Após realizar a análise determinística via MMIA, seguindo a metodologia proposta e apresentada na Figura 3, foi aplicado a Simulação de Monte Carlo (SMC), também por meio do aplicativo \$AVEP, mas utilizando o “Módulo de Abordagem Estocástica – Fluxo de Caixa”.

Para realizar a SMC, as premissas consideradas foram de acordo com as peculiaridades do PI. Assim, no módulo de Fluxo de Caixa, determinou-se as seguintes situações:

- Para a TMA foi considerada uma Distribuição Triangular, e os seus valores de máximos e mínimos foram obtidos novamente no site do Banco Central, no Histórico de Taxas de Juros e convertidas para taxas mensais, considerando como mínimo a taxa de 2014 em período equivalente (mensal) e como máximo de 2016 em período equivalente (BACEN, 2016). O valor médio considerado foi 1,0794%;
- Já para o Investimento Inicial (FC₀) utilizou-se uma Distribuição Uniforme, com seus valores máximos e mínimos variando em entre R\$ 130.000,00 e R\$ 150.000,00;
- Para o Fluxo de Caixa mensal (FC_j) utilizou-se a distribuição triangular, considerado como variável aleatória o preço do kWh. Os valores adicionados à simulação foram obtidos a partir das bandeiras tarifárias, considerando como valor mínimo a bandeira verde, ou seja, sem acréscimo ao valor do kWh. Nesse caso, o FC de R\$ 16.445,47 foi considerado como valor mínimo. Já o valor mais provável foi de R\$

16.978,27, considerando o FC anteriormente com o acréscimo da bandeira amarela, ou seja, a cada kWh consumido a tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,030. Por fim, o valor máximo considerado foi de R\$ 18.043,87, obtido a partir do acréscimo da bandeira vermelha ao cálculo, isto é, a cada kWh consumido a tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,045.

A Figura 9 mostra a tela do \$AVEP com a inserção dos dados necessários para executar a SMC. Observa-se que o primeiro passo é a alocação do tipo de distribuição de probabilidade para cada variável estocástica. Por outro lado, a Figura 10 mostra o Quadro de Estatísticas Descritivas, que apresenta os resultados para o VPL e a TIR após 100.000 simulações, destacando os valores mínimos e máximos, a amplitude, a média, a mediana, o desvio-padrão e o coeficiente de variação. A Figura 11 apresenta o Quadro de Probabilidades, no qual é possível observar que não há probabilidade de o empreendimento ser financeiramente deficitário dentre os cenários avaliados.

A SMC apresenta as probabilidades relacionadas ao risco do investimento, como pode ser visto na Figura 11. Observa-se um VPL mínimo de R\$ 8.503.052,87 e máximo de R\$ 12.111.509,77. Já média dos valores esperado foi de cerca de R\$ 10.147.899,67, valor muito próximo da mediana, que foi de R\$ 10.118.772,38. O desvio-padrão para o VPL foi de 566.666,57 e o coeficiente de variação de apenas 9,61%.

Parâmetro	Distribuição	Valores
Horizonte de Planejamento (R)	-	40
Número de simulações	-	100000
Taxa Min. de Atividade (TMA, %)	Distribuição Triangular	0,505; 1,0794; 1,5309
Investimento Inicial (FCi)	Distribuição Uniforme	1,00000; 150000
Valor Residual (VR)	-	0
Fluxo de Caixa (FC)	Distribuição Triangular	16445,47; 16978,47; 18043,87

Figura 9 – Tela Inicial do \$AVEP para a SMC: Fluxo de Caixa

Estadísticas Descritiva	VPL	TIR
Quantidade	100.000	100.000
Mínimo	8.503.052,87	111,64%
Máximo	12.111.509,77	208,52%
Amplitude (Máx - Mín)	3.608.456,90	96,88%
Média	10.147.899,67	166,62%
Desvio-padrão	566.666,57	16,01%
Coefficiente de variação	5,58%	9,61%
Mediana	10.118.772,38	167,39%

Figura 10 – Quadro de Estatísticas Descritivas Obtidas com a SMC

Quantidade: VPL < 0	0
P(VPL < 0)	0,00%
Teorema Central do Limite (TCL)	0,00%

Figura 11 – Quadro de Probabilidade do PI em Estudo

De acordo com os dados apresentados na Figura 12, há 5% de probabilidade do VPL ser menor que R\$ 9.224.744,25; 5% de chance de ser superior a R\$ 11.101.141,83 e 90% de possibilidade de gerar um valor dentro desse intervalo. Por fim, seguem os gráficos de distribuição de probabilidade do VPL e ajuste da curva normal (Figura 13) e a distribuição de probabilidade do VPL acumulado (Figura 14).



Figura 12 – Distribuição de Probabilidade do VPL - 90% (em azul) está entre 9.224.744,25 e 11.101.141,83



Figura 13 – Distribuição de Probabilidade do VPL e Ajuste da Normal

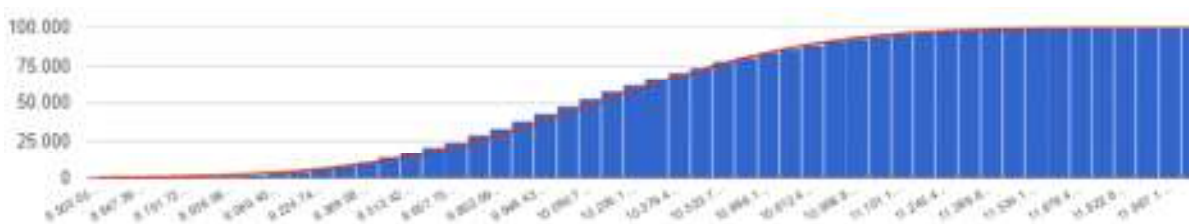


Figura 14 – Distribuição de Probabilidade do VPL Acumulado

A probabilidade do VPL ser nulo, de acordo com o Teorema Central do Limite (TCL), é de 0%. Assim, o projeto apresenta riscos extremamente baixos e boas perspectivas de retorno. Nesse contexto, recomenda-se a substituição do sistema atual de iluminação pelo LED.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao comparar os valores obtidos com as duas abordagens, determinística (MMIA) e estocástica (Simulação de Monte Carlo), fica evidente que o projeto apresenta elevado índice de retorno e riscos baixos. A MMIA apresentou indicadores como TMA e ΔFC_0 altos. Já o índice Payback/N foi de 15%, indicando que em 9 meses o projeto já estaria pago. A probabilidade de o projeto causar algum prejuízo é nula, dentro dos cenários avaliados (Figura 11).

Ao analisar a viabilidade econômica do PI iluminação com LED com uso da MMIA via ΔVEP , foi possível emitir um parecer conclusivo a respeito desse empreendimento. Com base nos dados fornecidos pela empresa e nas estimativas realizadas, nos resultados apresentados e na análise da expectativa do retorno, de riscos envolvidos, dos limites de elasticidade (e valores-limite) das principais variáveis intervenientes no desempenho econômico do PI, do confronto entre retorno, riscos e do espectro de validade da decisão, recomenda-se a implementação desse PI.

REFERÊNCIAS

\$\Delta V \in \Pi\$. Sistema de Análise da Viabilidade Econômica de Projetos de Investimentos. Disponível em: <<http://pb.utfpr.edu.br/savepi/modulo.php/>>. Acesso em fev. 2017.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Tarifas Consumidores – Bandeiras Tarifárias. 2015**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/tarifas-consumidores/-/asset_publisher/e2INtBH4EC4e/content/bandeira-tarifaria/654800?inheritRedirect=false> Acesso em jun. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14.653-2: Avaliação de Bens - Parte 4: Empreendimentos**. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/CIE 8995-1: Iluminação de Ambientes de Trabalho – Parte 1: Interior**. Rio de Janeiro, 2013.

BACEN. Banco Central do Brasil. **Histórico de Taxas de Juros**. Disponível em <<http://www.bcb.gov.br/?COPOMJUROS>>. Acesso em jun. 2016.

BLANCK, Leland. TARQUIN, Anthony. **Engenharia Econômica**. 6ª Edição, Porto Alegre: AMGH, 2011.

BLEY, F. B. LEDs *versus* Lâmpadas Convencionais. **IPOG Revista Especialize On Line**, Goiânia, Edição nº 3/2012. Disponível em: <<http://www.ipog.edu.br/revista-especialize-online/edicao-n3-2012/?setarParametros=true&pagingPage=3&>>. Acesso em jun.2016.

CASAROTTO FILHO, N.; KOPITTKE, B.H. **Análise de Investimentos: Matemática Financeira, Engenharia Econômica, Tomada de Decisão, Estratégia Empresarial**. 9 ed. São Paulo: Atlas, 2000.

CASAROTTO FILHO, N.; KOPITTKE, B.H. **Análise de Investimentos: Matemática Financeira, Engenharia Econômica, Tomada de Decisão, Estratégia Empresarial**. 11 ed. São Paulo: Atlas, 2010. 411p.

CESAR, A.M.R.V.C. **Método do Estudo de Caso (Case Studies) ou Método do Caso (Teaching Cases)? Uma análise dos dois métodos no Ensino e Pesquisa em Administração**. Notas de Aula – Administração de Empresas. Universidade Presbiteriana Mackenzie. Julho 2005/Dezembro 2006. Disponível em <http://www.mackenzie.br/fileadmin/Graduacao/CCSA/remac/jul_dez_05/06.pdf> Acesso em jun. 2016.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA, COPEL. **Manual de Eficiência Energética na Indústria**. Edição Novembro de 2005. Disponível em: <[http://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/manual/\\$FILE/manual_eficiencia_energ.pdf](http://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/manual/$FILE/manual_eficiencia_energ.pdf)>. Acesso em jun. 2016.

CORREIA NETO, J. F. **Elaboração e Avaliação de Projetos de Investimento**. 1 ed. Rio de Janeiro: Campus, 2013. Cap. 13.

FARIAS, M. M. DEON, M. C. COMUNELLO, A. L. **Contabilidade Gerencial Aplicada à Gestão de Investimentos**: Um Estudo de Caso a Empresa Tecnofrio. 5º Congresso UFSC de Controladoria e Finanças & Iniciação Científica em Contabilidade, 2014. Disponível em <http://dvl.ccn.ufsc.br/congresso/arquivos_artigos/artigos/971/20140425053712.pdf> Acesso em: mar. 2017.

FERREIRA, M. A. M. **Indicadores para análise de projetos de investimento considerando fluxos de benefícios não-determinísticos**. Revista de Negócios, Blumenau, v.9, n.4, p. 207-214. Outubro/dezembro 2004. Analista do Banco Central do Brasil –Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia UFPR. Disponível em: <<http://proxy.furb.br/ojs/index.php/rn/article/view/270>>. Acesso em: jun. 2016.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4ª Edição, São Paulo: Atlas, 2002.

HARZER, J. H. **Avaliação do Risco Financeiro em Projetos de Investimentos a Partir da Relação TMA/TIR**: Uma Contribuição a Metodologia Multi-índice. 2015. Tese (Doutor em Administração) – Programa de Pós Graduação – Doutorado em Administração. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2015.

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Lâmpadas LED**. Disponível em <<http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/cartilhas/lampada-led/lampadaled.pdf>> Acesso em jun. 2016.

JOHANN, E. R. SOUZA, A. BISPO, C. M. CITADIN, M. W. SILVA, W. V. **Metodologia Clássica e Metodologia Multi-Índice na Avaliação Financeira de Projetos de Investimento**: Um Estudo de Caso na Empresa Alfa. Revista Gestão e Desenvolvimento, 2014. Disponível em <<http://periodicos.feevale.br/seer/index.php/revistagestaoedesenvolvimento/article/view/73/70>> Acesso em: mar. 2017.

KLIEMANN NETO, F. J. Apostila de Engenharia Econômica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2011. Disponível em: <http://www.producao.ufrgs.br/disciplinas.asp?cod_turma=87> Acesso em: fev. 2017.

LIMA, J. D. **Proposição de um Sistema de Planejamento de Produção Olerícola nas Unidades de Produção Familiar**. 2010. Tese (Doutor em Engenharia de Produção) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

LIMA, J.D. de; SCHEITT, L.C.; BOSCHI, T. de F.; SILVA, N.J. da; MEIRA, A.A. de; DIAS, G.H. Propostas de ajuste no cálculo do Payback de projetos de investimentos financiados. **Custos e Agronegócios online**. v. 9, n. 4 – Out/Dez - 2013. Disponível em:

<<http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero4v9/calculo%20payback.pdf>>. Acesso em: fev. 2017.

LIMA, J. D., OLIVEIRA, G. A., SANTOS, G. D., GRIGOLO, V. E., FILHO, J. R. K. **Um estudo de Viabilidade Econômica para Fabricação de um Protótipo Destinado às Pessoas com Paraplegia**. IV Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Ponta Grossa, 2014.

LIMA, J.D. de; TRENTIN, M.G.; OLIVEIRA, G.A.; BATISTUS, D.R.; SETTI, D. A systematic approach for the analysis of the economic viability of investment projects. **Int. J. Engineering Management and Economics**. v.5, n. 1/2. 2015. p. 19-34. Disponível em: <<http://www.inderscience.com/offer.php?id=69887>>. Acesso em: fev. 2017.

LIMA, José Donizetti de. **Elementos de Matemática Financeira: Princípios, Práticas e Aplicações**. 1ª Edição, Pato Branco: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016.

LIMA, J.D. de; TRENTIN, M.G.; OLIVEIRA, G.A.; BATISTUS, D.R.; SETTI, D. **Systematic Analysis of Economic Viability with Stochastic Approach: A Proposal for Investment**. In: Engineering Systems and Networks: The Way Ahead for Industrial Engineering and Operations Management. Amorim, M.; Ferreira, C.; Vieira Junior, M.; Prado, C. (Org.). Volume 10, Série 11786: Lecture Notes in Management and Industrial Engineering. 1ed.Switzerland: Springer International Publishing, 2017, v. 10, p. 317-325. ISBN: 978-3-319-45746-8. eBook ISBN: 978-3-319-45748-2. DOI: 10.1007/978-3-319-45748-2. Disponível em: <<http://www.springer.com/gp/book/9783319457468>>.

MARTELETO, D. C. **Avaliação do Diodo Emissor de Luz (LED) Para Iluminação de Interiores**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2011. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10003763.pdf>> Acesso em fev. 2017.

MOELLMANN, A.H.; ALBUQUERQUE, A. S. CONTADOR, J.L.; MARINS, F. A.S. **Aplicação da Teoria das Restrições e do Indicador de Eficiência Global do Equipamento para Melhoria de Produtividade em uma Linha de Fabricação**. Revista Gestão Industrial, 2006. Disponível em <<http://www.pg.utfpr.edu.br/ppgep/revista/revista2006/pdf/RGIv02n01a9.pdf>> Acesso em fev. 2017.

PINHO, F. O., PENNA, F. **Viabilidade Econômica**. Série Manual de Construção em Aço. Rio de Janeiro, 2008.

RASOTO, A.; GNOATTO, A.A.; OLIVEIRA, A.G. de; ROSA, C.F. da; ISHIKAWA, G.; CARVALHO, H.A. de; LIMA, I.A. de; LIMA, J.D. de; TRENTIN; M.G.; RASOTO, V.I. **Gestão Financeira: enfoque em inovação**. 1. ed. Curitiba: Aymar, 2012. v. 6. 140p. (série UTFinova). Disponível em: <<http://www.utfpr.edu.br/estrutura-universitaria/pro-reitorias/prorec/diretoria-da-agencia-de-inovacao-1/livros-6>>. Acesso em: fev. 2017.

SCHROEDER, J. T. SCHROEDER, I. COSTA, R. P. SHINODA, C. **O Custo de Capital como Taxa Mínima de Atratividade na Avaliação de Projetos de Investimento.** Revista Gestão Industrial, 2005. Disponível em <ftp://ftpaluno.umc.br/Aluno/Daisy/MBA%20Gestao%20Projetos/artigos/valor%20agregado_10.pdf> Acesso em: mar. 2017.

SOUTHER, L. F. P. LIMA, J. D. BATISTUS, D. R. OLIVEIRA, G. A. TRENTIN, M. G. **Proposta de um Sistema para Auxiliar o Processo de Análise de Viabilidade Econômica de Projetos de Investimento - \$AVEPI.** XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. João Pessoa, 2016.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões Financeiras e Análises de Investimentos: Fundamentos, técnicas e aplicações.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões Financeiras e Análises de Investimentos: Conceitos, técnicas e aplicações.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2009.