ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA SUBSTITUIÇÃO DE LÂMPADAS FLUORESCENTES TUBULARES POR TECNOLOGIA LED

Igor Souza Ribeiro (Faculdades Integradas de Cataguases - Fic/Unis) igor.souzaribeiro@gmail.com
Murilo Silva de Souza (Faculdades Integradas de Cataguases - Fic/Unis) murilosc1@hotmail.com
Guilherme Montes Novaes (Faculdades Integradas de Cataguases - Fic/Unis) cmdmontes@gmail.com
Luís Fábio (Faculdades Integradas de Cataguases - Fic/Unis) luizfabio1005@gmail.com
Tiago Bittencourt Nazaré (Faculdades Integradas de Cataguases - Fic/Unis) tiago_bit@yahoo.com.br

Resumo

Este artigo possui objetivo de demonstrar a viabilidade econômica da substituição de um sistema de iluminação com lâmpadas fluorescentes por lâmpadas Light Emmiting Diode (LED) através de análise econômica na qual se utilizou três ferramentas, fornecendo ganho em eficiência energética com alta qualidade de iluminação. São elas VPL (Valor Presente Líquido), TIR (Taxa Interna de Retorno) e TMA (Taxa Mínima de Atratividade). O estudo foi desenvolvido em uma universidade da zona da mata mineira onde o sistema de iluminação atual gera um custo mensal aproximado de R$2.025,87. Verificou-se através de simulação feita que a substituição do sistema de iluminação atual pelo sistema LED é viável com retorno de investimento a partir do segundo ano de vigência.
Palavras - chave: Iluminação LED; Eficiência energética; Viabilidade econômica.

ANALYSIS OF THE ECONOMICAL FEASIBILITY OF THE REPLACEMENT OF TUBULAR FLUORESCENT LAMPS BY LED TECHNOLOGY

Abstract

This present work aims to demonstrate the economic viability of replacing a light system with fluorescent lamps by Light Emmiting Diode (LED) lamps through economic analysis in which three tools were used, providing gain in energy efficiency with high lighting quality. They are NPV (Net Present Value), TIR (Internal Rate of Return) and TMA (Minimum Attraction Rate). The study was developed at a university in the mining area where the current lighting system generates an approximate monthly cost of R $ 2,025.87. It was verified through simulation made that the replacement of the current lighting system by the LED system is feasible with return on investment from the second year of validity.

Keywords: Lighting LED; Energy efficiency; Economic viability.

1. Introdução

A energia elétrica está muito presente na vida da sociedade. De acordo com Oliveira, Castellain e Fisher (2015), a energia é primordial para o desenvolvimento,é uma das aspirações indispensáveis para a população da América Latina, Ásia e África.

A sociedade dificilmente teria o mesmo conforto e qualidade de vida sem o uso da eletricidade. É caracterizada como um serviço público essencial a todo instante, sem interrupções. Destaca-se que

num mundo extremamente competitivo e globalizado, a energia elétrica passa a ser algo estratégico para o desenvolvimento econômico o que impulsiona o uso de sistemas de maior eficiência energética.

Observa-se a importância de meios alternativos mais viáveis financeiramente para suprir essa necessidade. Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2012) o desenvolvimento atual mostra uma enorme melhoria no desempenho de iluminação LED e ao mesmo tempo redução nos seus custos de desenvolvimento. Por isso, espera-se que a maior parte do sistema de iluminação seja fornecida por lâmpadas de LED no futuro próximo. De acordo com Associação Brasileira da Indústria de Iluminação (Abilux) (2015), a tecnologia LED em 2015 esteve bastante presente no mercado e possui uma probabilidade de permanecer atuando, pois oferece economia e eficiência. É um investimento no mercado que abrange todos os seguimentos, como indústrias, residências, decoração entre outros. Ainda segundo a (Abilux) (2015), o mercado em termos mundiais de iluminação apresenta uma transição devido a tecnologia LED e todas as suas vantagens como a de proporcionar principalmente economia, melhor qualidade de vida para as pessoas, durabilidade, etc. Em visão global, a substituição das lâmpadas incandescentes por lâmpadas LED pode obter uma economia por volta de 80% a 90% nas casas e cerca de 50% a 70% nas iluminações públicas de acordo com suas instalações.

O presente artigo científico justifica-se através das vantagens oferecidas pela tecnologia LED como forma de uso alternativo da energia em iluminação. O objetivo geral do artigo é apresentar a viabilidade do LED através de métodos seletivos específicos equiparando a mesma com as tecnologias inferiores usadas no mercado atualmente. Possui como objetivo específico enfatizar a importância da energia alternativa e as vantagens na qual as lâmpadas LED podem oferecer em custos e qualidade de produto.

2. Referencial teórico

2.1 Tecnologia LED

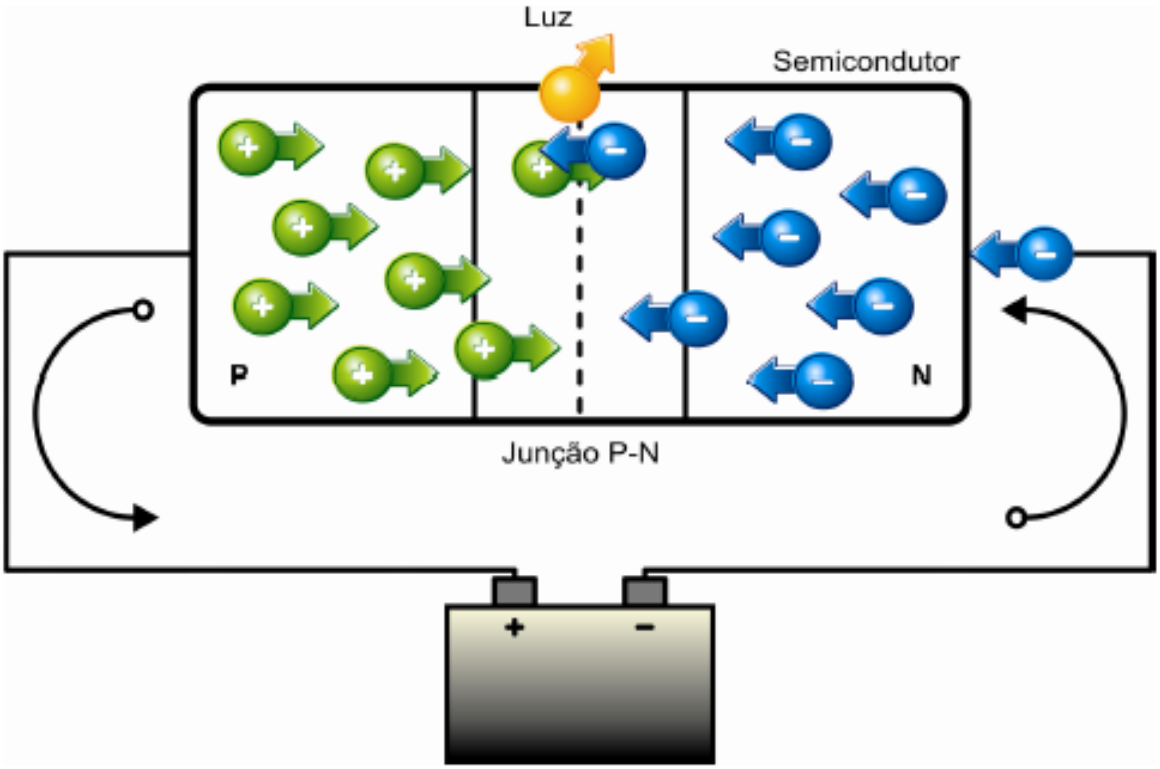
De acordo com Santos et al. (2015), os LEDs são componentes semicondutores contendo gases e revestidos por materiais de fósforo diversos. Para melhor compreensão, utiliza-se de outras definições que consideram a condutividade elétrica. Materiais condutores são aqueles que contem elétrons livres, ou seja, existe neles facilidade para movimentação de elétrons, como se estes não estivessem ligados a átomos. Exemplos desse tipo de material são os metais. Materiais onde essa movimentação de elétrons acontece com grande dificuldade (não acontece) são denominados isolantes.

Os semicondutores, como o próprio nome diz, encontram-se no intermédio desta situação. Este tipo de material se comporta como isolante em temperaturas baixas, porém com uma pequena elevação de temperatura, alguns elétrons ganham liberdade de movimento diminuindo a resistência elétrica do material. Os átomos com elétrons a menos são denominados “lacunas”. O movimento de lacunas também acontece devido ao movimento de elétrons dentro do material, entre seus próprios átomos.

A quantidade de elétrons livres e lacunas em um semicondutor puro são iguais, a adição de impurezas que faz com que o semicondutor tenha maior quantidade de elétrons livres, nomeados de tipo N, ou que tenha maior quantidade de lacunas, nomeados semicondutores tipo P. Os diodos são compostos de uma junção N-P. Quando adicionamos uma corrente elétrica de forma a acrescentar elétrons no lado N da junção (fase negativa no N) os elétrons são empurrados através da junção sendo liberados no lado P.

Durante essa travessia ocorre uma recombinação entre os átomos dos materiais tipo N e tipo P. Nesta ocorre liberação de energia que na maior parte se dá na forma de luz e uma pequena parte em forma de calor. A figura 1 mostra à movimentação dos elétrons e lacunas que ocorrem na junção P-N, a liberação de luz em um material semicondutor e correta maneira de polarização da alimentação.

Figura 1 – Constituição e Polarização do LED.

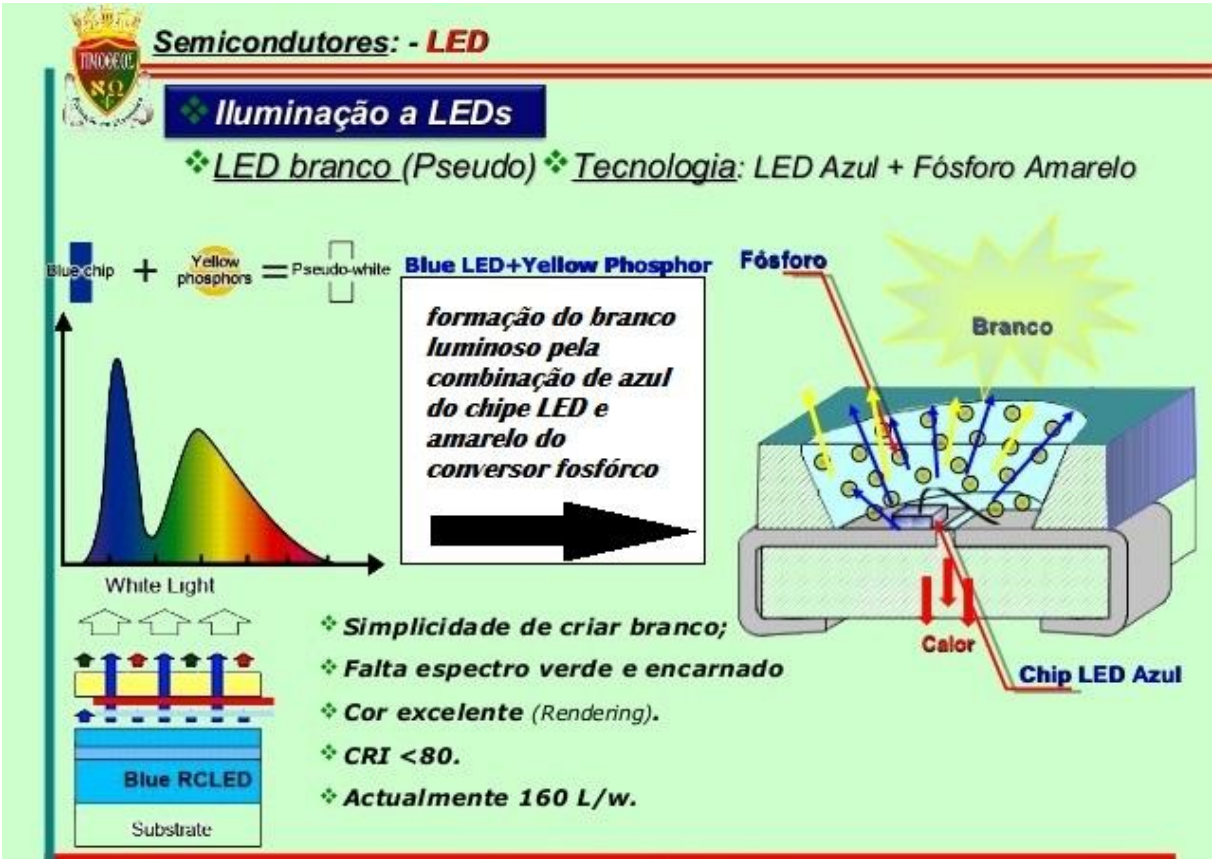


Fonte: **Poupança de Energia - Eficiência Energética**, disponível em: http://docplayer.com.br/13787535-Estudo-e-proposta-para-eficiencia-energetica-em-salas-de-aula-da-pontificia-universidade-catolica-do-parana-utilizando-tecnologia-led.html. Acesso: (08/11/2016)

A unidade básica de luz e denominada fóton. A movimentação de elétrons de um material para outro no LED se dá devido a DDP (diferença de potencial) entre as camadas P-N com o polo negativo ligado no material N. A quantidade de fóton (luz) resultante deste fenômeno é diretamente proporcional à quantidade de energia necessária para essa movimentação que por sua vez, varia de acordo com o material usado na constituição do LED.

De acordo com Marteleto, Douglas Coelho, nos LEDs, a geração de luz branca é obtida através da mistura de cores, combinando na maioria das vezes, o amarelo e o azul. O chip LED gera o azul e um conversor fosfórico utiliza de parte desta luz azul gerada e a converte em luz amarela. Este conversor pode estar alocado ao redor do LED, ou seja, aplicado diretamente ao chip LED de forma a melhorar sua eficiência e reduzir possíveis perdas do processo. Na figura 2 observa-se a formação da luz branca pela combinação dos espectros azul e amarelo.

Figura 2 – Formação do branco luminoso.



Fonte: **SlideShare – Semicondutores LED**, disponível em: http://pt.slideshare.net/MarioTimotius/semicondutores-led-27252757. Acesso: (08/11/2016)

Outro método usado para a obtenção do branco é o de superposição de cores. Este método possui menor eficiência e precisão e provém da mistura do vermelho, verde e azul. Este processo é muito utilizado em decoração, com a mistura dessas cores se obtém todas as outras. É também através deste método que as imagens de televisores coloridos LED funcionam.

De acordo com Santos et al. (2015)O uso desta tecnologia apresenta grande evolução no mercado de lâmpadas. A utilização do LED em lâmpada é um avanço tecnológico, e muito benéfico ambientalmente. Seu consumo de energia é consideravelmente inferior às lâmpadas convencionais (como por exemplo, incandescentes e as fluorescentes compactas). A nova tecnologia possui ótimas características e possibilidades de descarte final de resíduos. Sua alta durabilidade demanda menos trocas gerando menos descarte. Já a lâmpada fluorescente, contém mercúrio, o que exige maiores cuidados quanto ao descarte, devido às características nocivas deste elemento. Ainda segundo Santos et al. (2015) "o LED é produzido com materiais atóxicos ao meio ambiente, possibilitando ser descartado sem a necessidade de uma destinação e disposição final especial" (SANTOS et al. (2015).

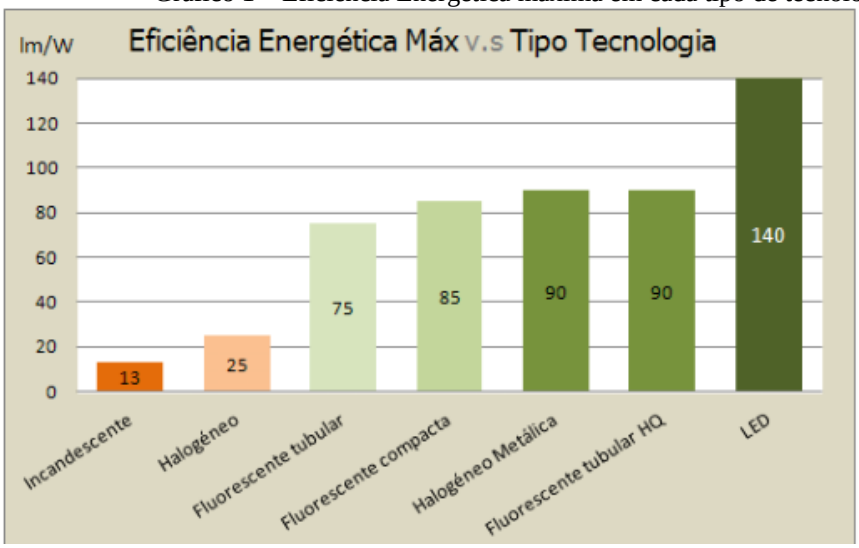
Segundo Motitsuki (2007) sobre o funcionamento do LED, no momento em que as partículas negativa e positiva se combinam, uma determinada quantidade de energia é emitida sobre modo de fóton de luz. A cor resultante varia de acordo com o material de constituição do mesmo, os mais usados são galênio, arsênio e fósforo. Essa diferença na cor também interfere na tensão de funcionamento.

De acordo com Bley (2012), as lâmpadas LED estão em constante amadurecimento, assim como acontece com as lâmpadas convencionais. Ressalta-se a importância de especificar e adquirir equipamentos de alta confiabilidade, uma vez que existem no mercado vários produtos de procedência duvidosa e baixa qualidade que contribuem para uma percepção equivocada dos LEDs. Ainda segundo Bley (2012) investimento na aquisição de lâmpadas de LED é viável em aplicações onde o uso da

iluminação é intenso, como por exemplo, em ambientes comerciais. Isto se deve à eficiência energética e durabilidade dos LEDs. Desta forma é possível ter o retorno do investimento em curto prazo.

Conforme Aman (2012) um dos fatores mais importantes na escolha da tecnologia de iluminação é sua eficiência energética. Neste ponto os índices da tecnologia LED se mostram em grande vantagem em relação a outras fontes de luz artificial como demonstra o gráfico 1. De acordo com o gráfico a eficiência energética da tecnologia LED é disparadamente superior às demais, apresentando 140 lumens por watt (lm/w). Enquanto as outras tecnologias exibem valores muito inferiores entre 13 e 90 lm/w. As Lâmpadas Fluorescentes Tubulares alvo deste estudo comparativo, possuem uma eficiência energética de apenas 75 lm/w, ou seja, 65 lm/w a menos que as Lâmpadas LED.

Gráfico 1 – Eficiência Energética máxima em cada tipo de tecnologia de iluminação.



Fonte: **Poupança de Energia - Eficiência Energética**, disponível em: http://eco-energia.pt/lampadas-led/poupanca-de-energia-eficiencia-energetica. Acesso: (02/04/2016)

3. MATERIAIS E MÉTODOS.

3.1 Análise de viabilidade econômica

De acordo com Rezende e Oliveira (2008), a análise econômica de um investimento procura verificar se ele deve ou não ser implementado, sendo assim faz-se uma comparação com uso de técnicas e critérios de análise que relaciona custos e receitas inerentes ao projeto. Segundo Erbano *et al*. (2013) para o financiamento de um projeto existem duas fontes básicas, o capital de terceiros que é dado através de financiamento de instituições financeiras de crédito; e o próprio capital da empresa, ou seja, propriedade dos próprios investidores envolvendo os lucros reinvestidos.

3.2.1 VPL

Utilizou-se o valor presente líquido (VPL) que segundo Boeira (2014) é um método bastante robusto e de cálculo simples, também consiste em um dos instrumentos mais utilizados para se avaliar propostas de investimentos.

A formula para cálculo do VPL é:

$$VPL(i) = \sum_{j=o}^{n} FC_j /(1+i)^j$$

Onde

i é a taxa de desconto;

j é o período genérico (j = 0 a j = n);

FC_j é um fluxo genérico para t = [0...] que pode ser positivo ou negativo;

VPL(i) é o valor presente líquido descontado a uma taxa i;

n é número de períodos do fluxo.

3.2.2 Taxa mínima de atratividade (TMA) e Taxa interna de retorno (TIR)

Segundo Müller *et al.* (2003) a taxa interna de retorno (TIR) ou eficiência marginal do capital de um projeto consiste em uma taxa de desconto que equipara o valor atual das receitas futuras ao valor atual dos custos futuros do projeto. Sendo assim pode ser conceituada como a taxa média de crescimento de um investimento.

Segundo Shroder *et al*. (2005) pode-se definir Taxa Mínima de Atratividade (TMA) como uma taxa de juros máximo que o investidor pagará por determinado financiamento, ou o mínimo que o investidor receberá pelo investimento. Todo investimento que possui uma TIR maior ou igual à taxa de atratividade é considerado atraente. Uma TIR superior à TMA indica a tendência de aceitação de um projeto que pode ser um investimento empresarial, um financiamento e / ou uma determinada aplicação financeira.

3.2.3 Fluxos de Caixa

Segundo Erbano *et al*. (2013) "Fluxo de caixa pode definir-se como um controle de entrada e saída do dinheiro. Permite a análise da geração dos meios financeiros e da sua utilização num determinado período de tempo."

> O Fluxo de caixa é um instrumento gerencial que controla e informa todas as movimentações financeiras (entradas e saídas de valores) de um dado período, pode ser diário, semanal, mensal etc., é composto por dados obtidos dos controles de contas a pagar, contas a receber, de vendas, de despesas, de saldos de aplicações e de todos os demais elementos que representem as movimentações de recursos financeiros da empresa (SEBRAE, 2008).

3.2.4 Payback

De acordo com Gtiman (2003) *payback* é o tempo necessário para se recuperar o investimento inicial de um projeto. Na tomada de decisão de aceitação ou rejeição de um projeto deve se considerar os seguintes critérios, se o período de *payback* for maior que o período de recuperação, o projeto deve ser rejeitado; se o *payback* for menor que o período de recuperação, o projeto deverá ser aceito. Segundo Motta e Callôba (2002) utiliza-se este indicador afim dê avaliar a atratividade do projeto, porém não deve ser o único a ser utilizado, sua análise juntamente com outros indicadores demonstram informações valiosas relacionando valores e tempo de retorno.

3.3 Metodologia

Para a elaboração do presente artigo cientifico utilizou-se artigos pesquisados no Google Acadêmico e no Scielo e livros do acervo bibliográfico da Faculdade Integrada de Cataguases (FIC). Agrega-se também o uso do Excel 2013 para desenvolvimento de cálculos matemáticos, registro de dados pesquisados e elaboração de tabelas. Adquiriram-se dados usados nas tabelas através de informações

fornecidas pelos revendedores de lâmpadas LED e de uma típica conta de luz com referências atuais de tarifação.

Quantificou-se a relação de lâmpadas fluorescentes existente em determinada instituição para verificar a viabilidade da troca pela tecnologia LED. Segundo Lay (2005) a análise quantitativa tem a finalidade de sustentar cientificamente a existência ou não de relações entre as variáveis. Para fins de cálculo foi realizado uma simulação de empréstimo através do programa de geração de renda (PROGER) da caixa econômica federal onde obteve-se uma taxa de 15% de juros ao ano para o valor solicitado.

3. Resultados e discussões

Foi realizada uma comparação entre os custos de cada tecnologia envolvida no projeto. Na tabela 1 pode-se observar os dados referentes a: custo de energia real, custo de energia mensal, consumo de energia mensal, custo de energia por hora, custo inicial do sistema, consumo mensal referente a 22 dias trabalhados no mês, vida média, custo do produto, quantidade e potência. O consumo mensal foi baseado na utilização de 5 horas/dia, 22 dias/mês ao custo retirado da própria conta de energia da empresa de R$0,76442/kW/hora.

Tabela 1 – Comparação entre os recursos envolvidos entre Lâmpadas Fluorescentes e LED.

Recursos envolvidos	Unidades	Lâmpada Fluorescente	Lâmpada LED
Potência	Watts	40	18
Quantidade	Unidades	631	631
Custo do produto	(R$) Real	-	34
Vida média	Horas	7500	30000
Consumo mensal (h*dia)	Hora x Dia	110	110
Custo	R$/(KW/h)	0,76442	0,76442
Custo inicial do sistema	(R$) Real	-	21454
Consumo de energia por hora	KW/h	0,04	0,018
Custo de energia por hora	(R$) Real	19,294	8,6823
Consumo de energia mensal	KW/h	530,04	238,518
Custo de energia mensal	(R$) Real	2025,87	911,64
Custo de energia final	(R$) Real	21223,36	9550,51

Fonte: Elaborados pelos próprios autores a partir dos registros.

A substituição do sistema de iluminação atual por lâmpadas LED tem um custo R$ 21.454,00 ocasionando para instituição uma economia anual de R$11.672,85. O próprio estabelecimento possui funcionários treinados e qualificados para realizar o processo do sistema de iluminação, por tanto não foi atribuído o valor da mão de obra. O prazo de recuperação para o investimento é determinado através dos indicadores *payback*. Através do fluxo de caixa líquido e fluxo de caixa acumulado obteve-se o *payback* simples com um período de retorno igual a um ano, dez meses, dezesseis dias. Utilizando o fluxo de caixa descontado e o fluxo de caixa descontado acumulado obteve-se o *payback* descontado com um período de retorno igual a dois anos, quatro meses, vinte e quatro dias. Através dos cálculos obteve-se um VPL igual a R$4.519,78 TIR igual a 29% e uma TMA igual a 15%. Com

base nestes indicadores o projeto analisado é considerado viável. Os dados descritos acima demonstrando a viabilidade da implantação do projeto estão na Tabela 2.

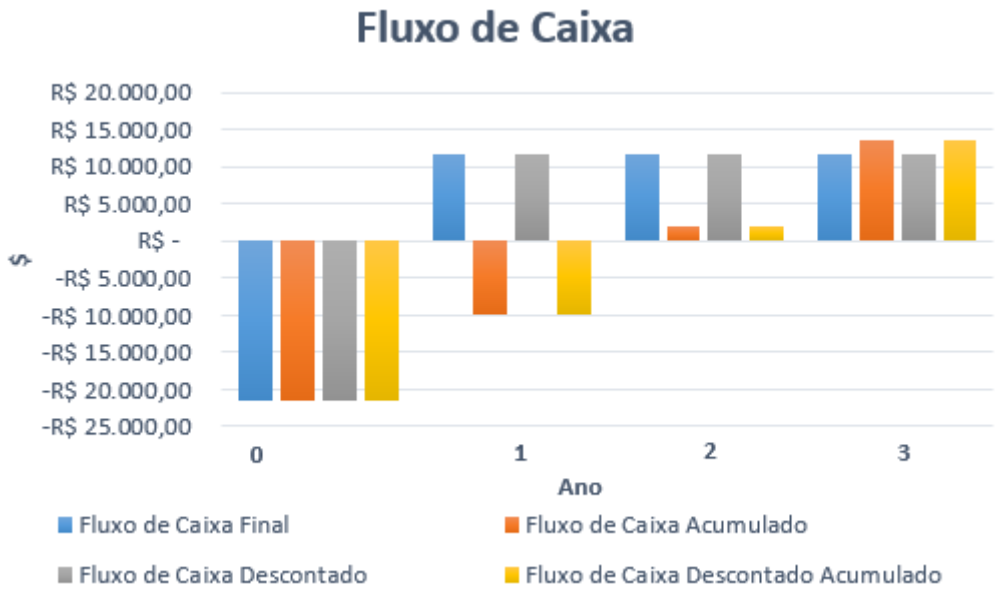
Tabela 2 – Fluxo de Caixa e Aplicações de métodos comprobatórios de viabilidade.

Ano	0	1	2	3
Fluxo de Caixa Líquido	-R$ 21.454,00	R$ 11.672,85	R$ 11.672,85	R$ 11.672,85
Fluxo de Caixa Acumulado	-R$ 21.454,00	-R$ 9.781,15	R$ 1.891,70	R$ 13.564,55
Fluxo de Caixa Descontado	-R$ 21.454,00	R$ 10.150,30	R$ 8.826,35	R$ 7.675,09
Fluxo de Caixa Descontado Acumulado	-R$ 21.454,00	-R$ 11.303,70	-R$ 2.477,34	R$ 5.197,74
Payback Simples	Ano:1	Mês:10	Dia:16	
Payback Descontado	Ano:2	Mês:4	Dia:24	
TMA	15%			
VPL	R$ 4.519,78			
TIR	29%			

Fonte: Elaborado pelos próprios autores a partir de registros.

O gráfico abaixo (Gráfico 2) apresenta a esquematização a partir dos dados obtidos na tabela 1 analisando a evolução do fluxo de caixa em relação ao período que sucede a troca das lâmpadas fluorescentes tubulares por lâmpadas LED.

Gráfico 2 – Fluxo de caixa: Valor/período.



Fonte: Elaborado pelos próprios autores a partir de registros.

4. Considerações finais

As informações contidas neste material tem o intuito de verificar a viabilidade da substituição de sistemas de iluminação com lâmpadas fluorescentes por sistemas que utilizam a tecnologia LED enfatizando as vantagens relacionadas à eficiência energética e o retorno financeiro gerado pela economia de consumo de energia.

Através de pesquisa realizadas certificou-se a viabilidade do emprego da Tecnologia LED observando-se os benefícios do seu emprego. Constataram-se ganhos em eficiência energética, confiabilidade e durabilidade além de vantagens ambientais. O material pesquisado também proporcionou dados dispostos em tabela e usados como base em cálculos de viabilidade econômica realizados no Excel 2013 em relação à troca da iluminação existente na empresa objeto de estudo por iluminação com lâmpadas LED.

O produto dos cálculos foi uma economia anual de R$11.672,85 garantindo retorno ao investimento inicial em aproximadamente dois anos e cinco meses. Os indicativos das ferramentas utilizadas resultaram em um VPL igual a R$4.519,78 com TIR igual a 29% e uma TMA igual a 15%, indicando projeto viável. Os resultados foram conclusivos: o uso da nova tecnologia LED em iluminação proporciona vantagens econômicas relevantes e entra como referência a todas as empresas que utilizam de iluminação artificial.

Referências

ABILUX. Uso de lâmpadas Led deve crescer 30%. Disponível em: <http://www.a http://www.abilux.com.br/portal/abilux-na-midia/10/uso-de-lampadas-led-deve-crescer-30-em-2015>. Acesso em: 28 mar 2016.

AMAN, M. M. et al. Analysis of the performance of domestic lighting lamps. **Energy Policy**, v. 52, p. 482-500, 2013.

BOEIRA, M L. A Viabilidade Econômica das Lâmpadas de Led: um estudo de caso para o túnel do Morro Agudo (Paulo Lopes - SC), 2014.

ERBANO, B. L. et al. Fluxo de Caixa, 2013.

GITMAN, L. J. Princípios da Administração Financeira 10. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil; 2003.

Marteleto, D. C. *AVALIAÇÃO DO DIODO EMISSOR DE LUZ (LED) PARA ILUMINAÇÃO DE INTERIORES*. Diss. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, 2011.

MOTITSUKI, M. S. O que é e como utilizar LEDs. Disponível em: <http://autosom.net/artigos/led.htm> Acesso em:02 maio 2016.

MOTTA, R. da R. CALÔBA, G. M. Análise de investimentos: tomada de decisão em projetos industriais. São Paulo: Editora Atlas, 2.002.

MÜLLER *et al.* Análise Econômica de um Plantio de Teca Submetido a Desbastes[1], 2003.

OLIVEIRA, S. V. G.; CASTELLAIN, D. G.; FISHER, J. C. RECURSOS ENERGÉTICOS E O USO DO MEIO AMBIENTE. 2015

REZENDE, J. L..P.; OLIVEIRA, A. D. Análise econômica e social de projetos florestais. 2. ed. Viçosa: UFV; 2008.

RODRIGUES, J. A.; CARNEIRO, F. D. L. C.; Leonardo, P. Lâmpada de Led para uso doméstico: Um breve estudo de viabilidade econômica. *Universidade do Contestado-UnC:* 47.

SANTOS, T. S. dos; BATISTA, M. C.; POZZA, S. A.; ROSSI, L. S. Análise da eficiência energética, ambiental e econômica entre lâmpadas de LED e convencionais. *Eng. Sanit. Ambient.* [online]. 2015, vol.20, n.4

SEBRAE. Guia do Empreendedor: Fluxo de Caixa e Custos na Pequena Indústria. 2008. Disponível em: <www.biblioteca.sebrae.com. br> . Acesso em: 28 mar 2016.