

# Viabilidade Econômica da Aplicação da Tecnologia LED nos Parques de Iluminação Pública: Estudo de Caso

Igor Moreira Santos, UNIFACS, Daniel Barbosa, UNIFACS-UFBA, Kleber Freire da Silva, UNIFACS-UFBA, Wild Freitas da Silva Santos, UFBA-Citéluz.

**Resumo**— Este artigo aborda um estudo de viabilidade econômica da aplicação da tecnologia LED em parques de Iluminação Pública. Para a realização deste, foram realizadas medições em campo com três alternativas de iluminação e realizada análise financeira com a ferramenta VPL comparando as três situações. Os resultados obtidos, contudo, denotam os aspectos econômicos sem considerar as outras características associadas, como as questões de segurança, de conforto e de qualidade de vida da população.

**Palavras-Chave**— LED, Iluminação Pública, Análise Econômica, Vapor de Sódio.

## I. INTRODUÇÃO

O consumo de energia Elétrica consciente se tornou um dos temas chaves na sociedade contemporânea, seja pela escassez de recursos naturais ou pelo gerenciamento de custos. Desta forma, a utilização racional desse tipo de energia se faz necessário, haja visto à necessidade de garantir o suprimento contínuo e de se evitar o uso de fontes poluentes de energia que contribuem para geração de impactos ambientais, como por exemplo, o efeito estufa [9].

A fim de promover uma conscientização quanto à utilização da energia elétrica, bem como diminuir os impactos negativos que o setor energético vem sofrendo, foi criado o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) por intermédio da Eletrobrás, em 1985, com o objetivo de promover a racionalização da produção e do consumo de energia elétrica [6]. Uma das principais áreas avaliadas pelo PROCEL, através do programa RELUZ (Programa Nacional de Iluminação Pública Eficiente), é o da Iluminação Pública (IP).

A IP define-se como um serviço de iluminação, capaz de proporcionar principalmente conforto e segurança à sociedade, que é implementado e gerenciado pelas prefeituras de cada município [1–4]. Essa atividade municipal é mantida por meio de uma taxa denominada CIP (Contribuição de Iluminação Pública), paga por todos consumidores, que varia de acordo com a classe onde esteja vinculada e é cobrada na própria conta de luz emitida pelas concessionárias de energia elétrica. Essa arrecadação objetiva o investimento em melhorias e manutenção do parque de iluminação.

No contexto supracitado, no qual o consumo eficiente é o

foco fundamental para maximização da matriz energética, a busca por melhores resultados nos processos produtivos com uma menor utilização de recursos é uma prática que vem sendo incentivada nos diversos setores da economia [3], incluindo aqueles que englobam a cadeia produtiva do setor de iluminação, haja visto que a IP é um serviço essencial em qualquer município, possuindo ou não um considerável consumo de energia elétrica.

Nesse sentido, diversos trabalhos propõem soluções para uma melhor utilização da energia elétrica com o propósito de iluminação pública, incluindo a aplicação do LED (Diodo Emissor de Luz) [1–3], e a implementação da dimerização nos sistemas já existentes [5].

É possível observar na literatura, que uma das soluções de maior destaque nos últimos anos é a aplicação da tecnologia LED, visto que esta apresenta grande eficiência energética e uma satisfatória qualidade no sentido da quantidade de luz emitida ao ambiente, seja ele isolado ou não. Desta forma, a expectativa é que a tecnologia LED substitua totalmente os atuais sistemas de Iluminação Pública, trazendo uma redução significativa no consumo de energia elétrica, conforme pode ser comprovado nos diversos trabalhos, com medições de campo [1,9].

Além disso, outro aspecto a ser salientado é a viabilidade econômica desse tipo de solução, que deve ser avaliada em face às técnicas de análise financeira, que incluem o tempo de retorno do investimento, a vida útil dos equipamentos e custo de operação e manutenção, quando estes são comparados a iluminação pública tradicional baseada em lâmpadas que utilizam vapor de sódio com as de tecnologia LED [7,9].

Em face ao exposto, esse trabalho vem com o propósito de apresentar um estudo de caso onde serão dispostas as comparações, tratando de eficiência, entre a implantação de lâmpadas LED e Vapor de Sódio. As medições acontecerão em uma mesma via da capital baiana e serão apresentadas no tópico V desse artigo. Bem como a viabilidade econômica da aplicação da tecnologia LED.

## II. ILUMINAÇÃO PÚBLICA

A Iluminação Pública (IP) é um serviço essencial e indispensável para tornar qualitativa a vida noturna da

sociedade, uma vez que promove a segurança pública no momento em que trafega veículos e pessoas, bem como o desenvolvimento socioeconômico dos municípios [10].

Todavia, a IP normalmente representa um considerável custo de manutenção e operação (O&M) para os municípios, já que o consumo de energia elétrica é elevado e descentralizado, ou seja, com pontos de utilização em todas as regiões. Devido a isto, diversos estudos de eficiência energética e gerenciamento desse serviço foram realizados [9]. Tal fato, é corroborado por meio das ações realizadas pelo poder público com o intuito de melhorar os indicadores de eficiência desse serviço nos logradouros urbanos, como o programa RELUZ da ELETROBRÁS, por intermédio do PROCEL [7,10].

A implantação do PROCEL, em conjunto com outras ações fomentadas por diversos órgãos governamentais e o apoio das concessionárias de distribuição de energia elétrica, promoveram um melhor gerenciamento dos parques de IP de modo a maximizar os recursos investidos e melhorando a qualidade do serviço prestado [6-7,10].

Desta forma, ao final da década de 90, aconteceu o lançamento da primeira pesquisa sobre o âmbito da IP no país. Esta pesquisa concluiu os seguintes aspectos: a eficiência na prestação do serviço indicado reduz os custos de manutenção; e, o investimento em projetos dessa natureza promove uma imagem de modernidade e eficiência da gestão pública para a população [6,9]. Além disso, verificou-se que um parque IP eficiente perfaz um exemplo do uso racional da energia elétrica, pleiteando uma conservação do meio ambiente [6,10].

Após alguns anos, essa pesquisa foi revisada e atualizada pela ELETROBRÁS/PROCEL, em parceria com as concessionárias de energia elétrica em atividade no país, com o objetivo de verificar o cenário da IP e prover elementos para um novo programa nacional. Assim, é lançado o Programa Nacional de Iluminação Pública Eficiente (RELUZ), cujo principal propósito foi projetar e aplicar sistemas de IP eficientes de forma a promover a valorização das atividades noturnas dos locais urbanos, bem como, contribuir com a elevação da qualidade de vida e segurança nas regiões do país [10].

### III. TECNOLOGIA LED

A tecnologia LED vem emergindo como uma alternativa promissora de substituição das lâmpadas tradicionalmente existentes no mercado, consideradas essas ineficientes quando se trata de termos energéticos [13]. Tal tecnologia visa permitir um sistema de IP sustentável com três características principais: alta eficiência, longa vida útil e capacidade de reciclagem [12,13].

O LED (*Light Emitting Diode*) pode ser definido como um dispositivo semicondutor que emite luz visível quando sujeito a passagem de corrente [14]. Quanto ao funcionamento, maiores informações podem ser obtidas em [12,13] e na Fig. 1.

Além das características de eficiência, provida pela conversão de 90% a 95% da energia absorvida em fluxo luminoso, os LEDs possuem dimensões reduzidas quando comparados com os outros tipos de lâmpadas, o que proporciona a utilização de luminárias mais compactas. Adicionalmente,

pode-se destacar o aumento da vida útil e a melhora na robustez frente aos efeitos provocados por vibrações mecânicas, uma vez que os componentes utilizados na confecção do dispositivo possuem tamanhos reduzidos e facilitam as suas fixações na luminária. Tal fato é importante pois lâmpadas que utilizam filamento sofrem com a vibração, gerando impactos nas luminárias e reduzindo de maneira significativa a vida útil desses equipamentos [12].

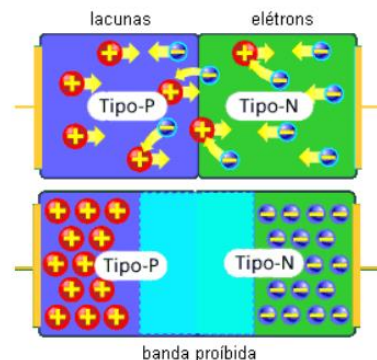


Fig. 1. Função P – N de um LED [15].

Outro aspecto a ser verificado na utilização do LED em sistemas de IP, é a redução nos custos de manutenção, haja visto que os projetos são geralmente mais econômicos, principalmente quando considerado a desnecessidade dos descartes seletivos, pois não existe a presença de gases nem filamentos ou o mercúrio.

Como supracitado, um aspecto marcante na tecnologia LED é a longa vida útil, que segundo [9], pode ser utilizado entre 50 a 60 mil horas, a taxa de funcionamento comercial varia bastante, chegando a ultrapassar as 100 mil horas, mas quando tratamos dos grandes fabricantes fica na faixa inicialmente citada. Além de não ser afetada pelo mecanismo de acionamento e desligamento, como acontece em tecnologias de lâmpadas compostas por filamentos e gases.

Do ponto de vista ambiental, se fossem substituídos os cinco milhões de pontos de IP presentes no Brasil por LED, seria possível gerar uma redução na faixa das 26.907,43 toneladas de emissão de carbono para atmosfera [3,12]. Em contrapartida uma das principais desvantagens é a dependência de componentes importados, não contamos com nenhuma fábrica instalada no Brasil. Bem como a escassez de mão de obra especializada, para que os cuidados necessários sejam tomados, garantindo as vantagens de funcionalidade.

### IV. INTERPRETAÇÃO TÉCNICA COMPARATIVA

Esse tópico apresenta duas soluções aplicáveis aos sistemas de Iluminação Pública com o intuito de reduzir o consumo de energia elétrica, bem como promover um melhor índice de iluminância nos locais urbanos. A primeira solução se baseia apenas na substituição das luminárias com lâmpadas de Vapor de Sódio (VS) pela tecnologia LED, enquanto que a segunda se adiciona a aplicação da dimerização em horários fixos predefinidos e configurados através de um sistema de controle e gestão [7,19].

### A. Substituição de Lâmpadas de Vapor de Sódio por Luminárias à LED

Nessa solução, o sistema de iluminação composto por luminárias com lâmpadas de VS foi modernizado com a adoção de luminárias LED. Tal estratégia visa verificar os resultados já relatados na literatura [13,14], uma vez que esta é a tendência de aplicação em larga escala nos sistemas IP do país.

No Brasil, grande quantidade das lâmpadas VS possui potência total de funcionamento em torno dos 400W e não aceitam dimerização, ou seja, não permitem que a potência seja variada. Além disso, o rendimento luminoso do sistema de IP com essa tecnologia é fortemente dependente das características fotométricas da luminária, já que a dispersão do fluxo luminoso é resultado da geometria da mesma.

Nesse contexto, no qual os resultados obtidos são providos pelo conjunto lâmpada – luminária, o sistema LED proporciona uma vantagem adicional, que é a focalização individual dos fluxos luminosos de cada LED, o que permite uma melhor uniformização da iluminação na via [12,13,19].

### B. Adição de Dimerização ao Sistema de Iluminação por LED

Na solução B, além da substituição da iluminação viária tradicional por um sistema de IP composto por LED, foi adicionado um sistema de telegestão com dimerização das luminárias. Tal processo visa reduzir o fluxo luminoso, mantendo a mesma uniformidade da IP durante o período de menor fluxo de veículos e pessoas para melhor racionalizar o consumo de energia elétrica e, consequentemente, melhorar a gestão financeira desse tipo de serviço. É factível salientar que mesmo com a redução da iluminação, os valores estabelecidos pela norma NBR-5101/2012 [11] são obedecidos.

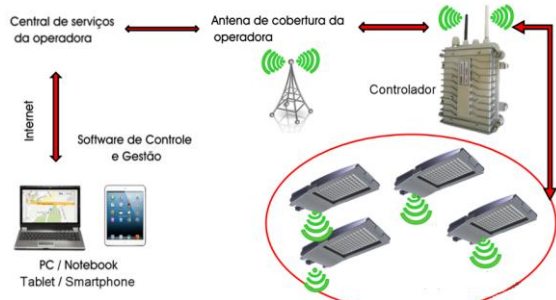


Fig. 2. Esquema de Controle e Monitoramento de Luminárias.

Além de controlar as luminárias de forma centralizada, a telegestão permite realizar o monitoramento remoto do sistema para um melhor acompanhamento da operação e manutenção do Parque de Iluminação. Todo esse processo é realizado por meio da comunicação entre diversos equipamentos elétricos e eletrônicos, baseado em protocolos de comunicação, conforme esquemático apresentado na Fig. 2.

## V. ESTUDO DE CASO

O estudo de caso presente neste trabalho objetiva apresentar os resultados obtidos em campo a partir da aplicação das soluções técnicas apresentadas anteriormente, cujo enfoque principal é a eficiência energética obtida.

Nos itens a seguir, as informações sobre as medições e os resultados obtidos serão apresentadas, bem como, os fatores que proporcionaram a realização do estudo, os dados das luminárias utilizadas e a localização e características das vias utilizadas.

Além disso, serão explanados o procedimento da medição, o período, os instrumentos e os materiais utilizados para realização do estudo luminotécnico (quantidade de lux emitidos ao ambiente).

### A. Realização dos Estudos de Caso

As medições foram realizadas em uma via urbana localizadas em uma cidade do Nordeste brasileiro, na qual o sistema de IP é dividido em duas seções. A primeira seção é composta por luminárias tradicionais com lâmpadas de VS de 400W e, a segunda, luminárias LED com lâmpadas de 258 W que permitem dimerização ao longo da operação diária.

Os trechos nos quais os dados foram obtidos compreendem o vão entre dois pontos de iluminação consecutivos com 44 metros de comprimento e 9m de largura entre calçadas. Desta forma, a grade de medição foi composta por 15 medições por faixa de rolamento, sendo 5 na horizontal e 3 na vertical, como é descrito na norma ABNT NBR-5101/2012 [11,19].

### B. Metodologia das Medições de Campo

As medições foram baseadas na norma ABNT NBR-5101/2012 [11] que estabelece os requisitos de instalação e de funcionamento dos parques IP. Assim, a via utilizada foi classificada como sendo V2, visto que possui um trânsito médio de pedestres e de veículos. É importante observar que a correta identificação do tipo de via é essencial, uma vez que a uniformidade e o índice de iluminamento requeridos depende desta informação [3], [9, 11]. Segundo a norma, a uniformidade ( $U_0$ ) é calculada conforme (1).

$$U_0(\%) = \frac{E_{\min}}{E_{\text{méd}}} \quad (1)$$

na qual:  $E_{\min}$  é a mínima iluminância verificada na grade e  $E_{\text{méd}}$  é a média de iluminância entre os valores medidos em Lux.

Em função da classificação da via, os valores estabelecidos pela norma são de 30% para uniformidade e 20 luxes para iluminância média mínima. Além disso, a composição da grade de medição para cada faixa é estabelecida por 15 verificações, sendo o primeiro ponto localizado logo abaixo das luminárias, levando em consideração uma distância de 0,30 m da calçada, e os demais são marcados os próximos equidistantes. A Fig. 3 dispõe a organização da grade de medição em uma via com duas faixas.

Após a definição dos pontos de medição e as suas marcações na via estudada, foram realizadas as verificações de luminância (em lux) com o auxílio do luxímetro em todos os pontos, conforme a norma ABNT NBR-5101/2012. É importante salientar que foram realizadas 3 conjuntos de medições com os diferentes cenários a seguir.

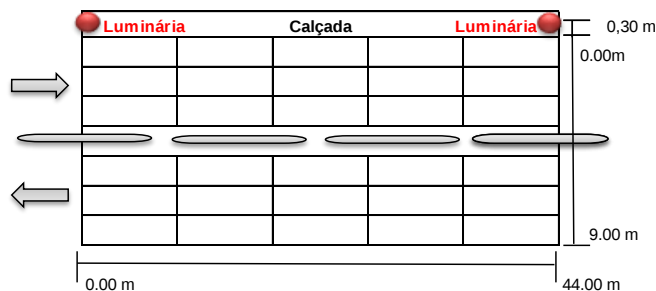


Fig. 3. Grade de medição utilizada durante o levantamento em campo.

### 1) IP com Lâmpadas Vapor de Sódio

As medições referentes a este cenário consideraram o sistema de iluminação com luminárias Phoenix da Tecnowat com lâmpadas de VS do fabricante OSRAM com potência fixa em 400 W acionadas por reator eletromagnético para ignição, cujo fator de potência é igual a 0,92. A Fig. 4 apresenta a curva fotométrica da luminária com lâmpada VS utilizada nesse estudo. A curva na cor vermelha representa a uniformidade que a luz é emitida ao plano, na forma longitudinal (para as laterais da luminária), em azul a transversal, emissão do fecho de luz a frente e ao fundo da luminária.

A instalação da luminária deve obedecer uma inclinação de no máximo 5°, para não ocasionar ofuscamento aos transeuntes.

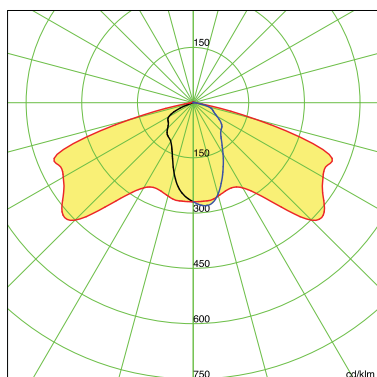


Fig. 4. Curva fotométrica da luminária Phoenix da Tecnowat.

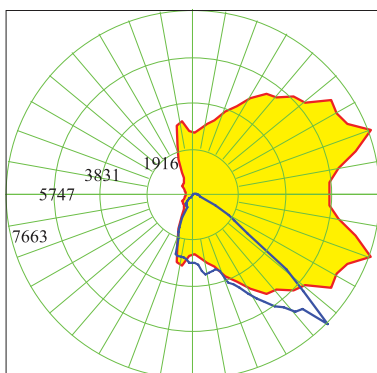


Fig. 5. Curva fotométrica da luminária ERS2 da GE (Lighting).

### 2) IP com Lâmpadas LED

Em relação aos dados provenientes da IP à LED, estes foram obtidos a partir do sistema composto por luminárias *Cobrahead Escalable* (ERS2) da GE (Lighting) com lâmpadas LED de

258W, cuja curva fotométrica é apresentada na Fig. 5.

### 3) IP com Lâmpadas LED dimerizada à 60% da potência total.

Já este cenário, no qual o sistema de iluminação foi dimerizado com 60% da potência nominal, foram utilizadas o mesmo conjunto de luminárias supracitado em conjunto com a telegestão. Tal sistema, emite os comandos de controle até o receptor instalado na parte superior da carcaça da luminária e permite que todas as ações sejam monitoradas a partir de um terminal remoto, seja por meio de *notebook* ou *smartphone* [18]. A Fig. 6 apresenta o receptor instalado na carcaça da luminária LED para o controle da dimerização.

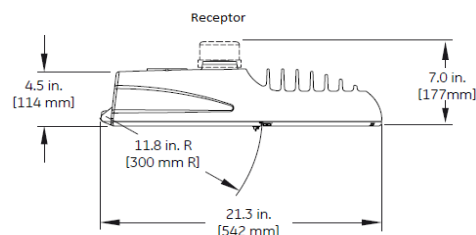


Fig. 6. Receptor da luminária LED para o sistema de controle.

## VI. RESULTADOS DAS MEDIÇÕES

Serão dispostos a seguir, os resultados obtidos em cada uma das configurações supracitadas no tópico anterior. É possível verificar na Fig. 7 que foram medidos 30 pontos distintos, sendo 15 em cada faixa de rolamento. Outro ponto importante, é que os dados coletados são apresentados em uma escala de cinza, na qual os tons variam de acordo com a luminosidade, sendo o mais claro com maior intensidade de luz.

Diante dos resultados apresentados, é possível constatar que a luminosidade é mais intensa nas regiões mais próximas à luminária e com pontos mais escuros na segunda banda de rolamento entre as luminárias, corroborando com o esperado teoricamente.

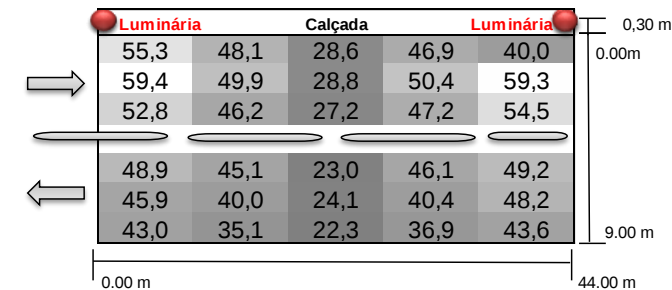
Adicionalmente ao exposto, é factível verificar que a IP com dispositivos LEDs possuem uma melhor uniformização quando comparado com a VS. Tal fato se deve primordialmente pela possibilidade de direcionamento do fecho luminoso de cada LED individualmente, diferentemente da VS que utiliza apenas a curva disponível na luminária selecionada. A Tab. I apresenta o resumo das medições obtidas em campo.

TABELA I  
Resumo das medições realizadas em campo.

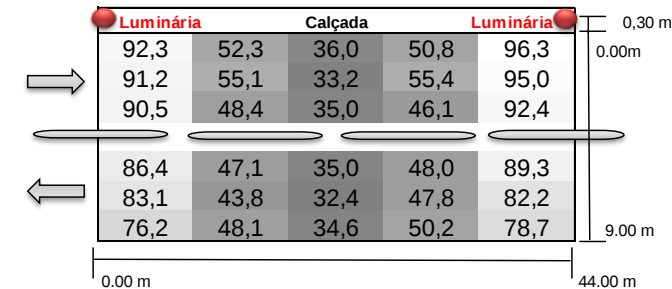
| Tipo     | $E_{m\acute{a}x}$<br>(Lux) | $E_{m\acute{i}n}$<br>(Lux) | $E_{m\acute{e}d}$<br>(Lux) | $U_0$<br>(%) |
|----------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------|
| VS       | 59,4                       | 22,3                       | 43,4                       | 51,33        |
| LED      | 96,3                       | 33,2                       | 62,1                       | 53,48        |
| LED Dim. | 42,4                       | 13,5                       | 24,8                       | 54,31        |

É possível verificar que em todos os três casos, os valores medidos atendem os requisitos mínimos de Uniformidade e Iluminância Média estabelecidos em norma. Outro ponto importante é a observação de sobrepotência no sistema VS já

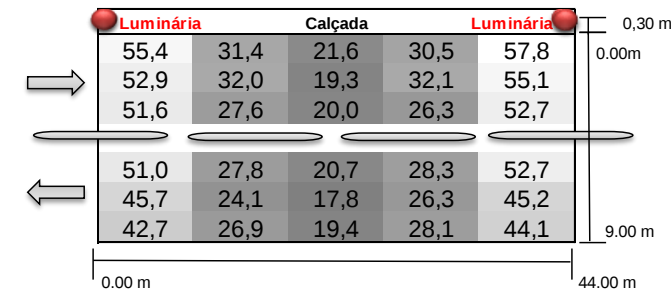
existente, devido aos valores encontrados estarem excessivamente superiores a norma. Desta forma, a aplicação de luminárias LED se torna interessante, se for considerado a redução de consumo de energia elétrica em torno de 60% quando confrontado com o sistema anterior, baseado em VPS. Com a dimerização, é possível alcançar uma redução representativa no consumo de energia elétrica.



a. Resultados, em lux, das medições com lâmpadas vapor de sódio.



b. Resultados, em lux, das medições com lâmpadas LED.



c. Resultados, em lux, das medições com lâmpadas LED Dimerizada.  
Fig. 7. Resultados das medições.

VII. VIABILIDADE ECONÔMICA

Este tópico apresentará um comparativo financeiro das tecnologias citadas no artigo, mais especificamente VPS comparada ao LED e ao LED dimerizável, com base na técnica de análise econômica VPL (Valor Presente Líquido) e tendo a visão de uma empresa prestadora de serviço. Assim, o objetivo é verificar a viabilidade da implementação de cada tecnologia, tendo como horizonte o investimento sem considerar os ganhos subjetivos, como o conforto da população, e considerando o custo com o consumo de energia elétrica.

A. Valor Presente Líquido

O Valor Presente Líquido (VPL) é uma técnica de análise de projeto que permite uma comparação financeira do investimento realizado com o valor presente dos fluxos de caixa gerados pelo projeto [16, 17]. Esse método de análise considera todos os fluxos de caixa durante a vida útil do empreendimento,

ou seja, não considera apenas o instante que o saldo cumulativo se torna positivo.

Para isso, a VPL avalia o investimento em função de quatro variáveis primordiais: o valor do investimento, o fluxo de caixa gerado a partir do valor investido, o tempo de retorno do capital e o risco associado a esse fluxo de caixa [16]. O VPL é calculado conforme (2).

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+r)^t} + \frac{VR}{(1+r)^n}$$
 (2)

na qual: *I* é o investimento inicial, *FC<sub>t</sub>* é o fluxo de caixa líquido no tempo *t*, *r* representa o custo de capital definido pelo responsável do projeto e *VR* o valor residual do projeto ao final do período de análise (enésimo período) [16].

Juntas, essas quatro variáveis por meio do cálculo do valor presente do fluxo de caixa esperado, menos o investimento inicial apresenta o VPL. Como resultado de (2), tem-se que se *VPL* > 0, o projeto é viável, se *VPL* = 0, torna-se indiferente aceitar ou não, *VPL* < 0, o projeto é inviável [17].

Diante disto, esse trabalho considerou um período de análise igual a 15 anos, visto que este representa a vida útil média de uma luminária LED, ou seja, até que esta apresente uma redução de 20% da sua eficiência quando do início da aplicação.

Tabela II apresenta os valores utilizados na realização da análise econômica apresentada nesse tópico. É importante salientar que esses custos foram obtidos por meio de uma empresa especializada no setor de IP.

| TABELA II<br>Valores de referência.  |               |                |                |          |
|--------------------------------------|---------------|----------------|----------------|----------|
| TIPO DE LÂMPADA                      | VPS           | LED            | LED DIM.       |          |
| Operação diária (horas)              | 12            | 12             | 6              | 6        |
| Operação dias/mês                    | 30            | 30             | 30             | 30       |
| Preço R\$ KWh (B4a)                  | 0,22472382    | 0,22472382     | 0,22472382     | 0,224724 |
| Consumo energia mensal (KW)          | 1584          | 928,8          | 278,64         | 464,4    |
| Consumo energia mensal (R\$)         | 355,963       | 208,723        | 62,617         | 104,362  |
| Total Consumo energia mensal (R\$)   | 355,963       | 208,723        | 166,979        |          |
| Custo investimento - 10 Lumin. (R\$) | -R\$ 6.250,00 | -R\$ 26.925,00 | -R\$ 34.425,00 |          |
| Custo manutenção p/ ponto (R\$)      | 8,52          | 3,00           | 3,00           |          |
| Consumo energia anual (R\$)          | 4271,52       | 2504,64        | 2003,76        |          |

Serão considerados 10 pontos de IP, com uma operação mensal de 12 horas diárias, exceto para dimerização, que são 6 horas em operação normal e 6 com potência reduzida.

A atratividade da IP quanto ao consumo de energia elétrica para as três topologias foi analisada na Tab. III. Entretanto, é importante salientar que a CIP equivalente não foi inserida no processo, uma vez que este indicador não foi disponibilizado pela prefeitura em que se localiza a via utilizada nesse estudo.

TABELA III  
Cálculo comparativo do consumo de energia mensal.

| Tipo de lâmpada | VPS          | LED          | LED (Dim)    |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|
| Investimento    | - R\$ 6.250  | - R\$ 26.925 | - R\$ 34.425 |
| Manutenção      | - R\$ 14.314 | - R\$ 5.040  | - R\$ 5.040  |
| Energia         | - R\$ 59.801 | - R\$ 35.065 | - R\$ 28.053 |
| Custos total    | - R\$ 80.365 | - R\$ 67.030 | - R\$ 67.518 |

É possível verificar que por conta da consideração desse custo com o consumo, o resultado da VPL em cada

investimento retornará um valor negativo. Tal fato pode ser verificado como a necessidade de se avaliar outros ganhos associados, como o bem-estar da população. Além disso, a inclusão da CIP no fluxo de caixa é importante, pois é esta contribuição que custeia as despesas com a iluminação pública.

Todavia, como o objetivo principal é uma análise comparativa e a CIP é constante, independentemente da tecnologia, verifica-se que a luminária LED, comum e dimerizável, possuem um ônus superior ao sistema de IP tradicional baseado em VPS considerando o resultado da VPL na Tabela IV, o que a torna inviável economicamente. Tal fato pode ser justificado em função do alto custo de implantação dos projetos LED quando comparado com o sistema de VPS.

Tabelas IV e V mostram os resultados da VPL de cada projeto, bem como a diferença dos ganhos, conforme metodologia apresentada em [17].

TABELA IV  
Resultado do VPL dos projetos.

| PROJETO         | VPS            | LED            | LED (Dim)      |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| Investimento    | -R\$ 6.250     | -R\$ 26.925    | -R\$ 34.425    |
| Ano 1           | -R\$ 5.294     | -R\$ 2.865     | -R\$ 2.364     |
| Ano 2 ao Ano 14 | -R\$ 68.821    | -R\$ 37.240    | -R\$ 30.729    |
| TMA             | 12%            | 12%            | 12%            |
| VPL             | -R\$ 36.909,81 | -R\$ 40.993,14 | -R\$ 44.725,36 |

TABELA V  
Diferenças de ganho dos projetos.

| PROJETO         | Dif LED<br>- VPS | Dif LED DIM<br>- VPS | Dif LED DIM<br>- LED |
|-----------------|------------------|----------------------|----------------------|
| Investimento    | -R\$ 20.675,00   | -R\$ 28.175,00       | -R\$ 7.500,00        |
| Ano 1           | R\$ 2.429,28     | R\$ 2.930,16         | R\$ 500,88           |
| Ano 2 ao Ano 14 | R\$ 31.580,64    | R\$ 38.092,08        | R\$ 6.511,44         |
| VPL             | -R\$ 4.083,32    | -R\$ 7.815,54        | -R\$ 3.732,22        |

A viabilidade da IP com aplicação das luminárias VPS quando confrontada com a solução da tecnologia LED, se mostra visivelmente na Tab. V, uma vez que o ganho com a redução do consumo de energia e o valor estabelecido por ponto para o custo de manutenção serem mais baixos, não retornar uma rentabilidade capaz de superar o preço do investimento inicial. Em contrapartida é importante salientar a comodidade, o conforto e a segurança proporcionada pela tecnologia LED, visto que existe uma melhora significativa na reprodução de cores e na uniformidade da iluminação viária.

É possível verificar, ainda, que com a dimerização aumenta o custo comparativo do investimento, tornando o projeto menos atrativo, conforme mostra a Tab. V.

## VIII. CONCLUSÕES

Em face às medições realizadas em vias urbanas em uma capital nordestina, a eficiência das luminárias LED foi verificada, principalmente no que tange a melhora na reprodução de cores, na uniformidade da iluminação viária e no consumo de energia elétrica.

Adicionalmente a isso, a análise da viabilidade econômica realizada comparou o sistema de IP com luminárias providas de VS e de LED, na qual foi aplicada a técnica VPL com o objetivo de verificar o quão uma tecnologia é menos viável quando confrontada com outra.

Salienta-se, contudo, que apesar da não atratividade da

modernização, os ganhos mais significativos se concentram na melhora na qualidade da luminosidade distribuída nas vias públicas, gerando uniformidade e uma boa reprodução de cores.

Outro aspecto importante a ser destacado, é a possibilidade de atendimento dos requisitos normativos com a luminária dimerizada, que além de permitir uma iluminação adequada, reduz consideravelmente os custos com o consumo de energia elétrica.

## IX. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CITELUZ e a Universidade Salvador (UNIFACS) pelo apoio disponibilizado no decorrer dos trabalhos.

## X. REFERÊNCIAS

- [1] COPEL, Manual de Iluminação Pública. Disponível em: <http://www.copel.com>. Acesso em 04 de Setembro de 2015.
- [2] OSRAM. Iluminação: Conceitos e Projetos. Disponível em <http://www.osram.com.br>. Acesso em 06 de Setembro de 2015.
- [3] Análise Comparativa de Sistema de Iluminação – Viabilidade Econômica da Aplicação LED, ENEGEP. Disponível em: [www.abepro.org.br](http://www.abepro.org.br). Acesso em 08 de Setembro de 2015.
- [4] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14724: Informação e documentação. Trabalhos Acadêmicos – Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.
- [5] SEVERINO, Antônio Joaquim. Metodologia do trabalho científico. 22. ed. rev. e ampl. São Paulo: Cortez, 200
- [6] ELETROBRAS, Iluminação Pública. Disponível: <<http://www.elektrobras.com/elb/main.asp?TeamID=%7BEB94AEA0-B206-43DE-8FBE-6D70F3C44E57%7D>>. Acesso em: 12 de março de 2014.
- [7] Antônio Gonçalves Torres Junior e Marcelo Cabral Cavalcanti, “Eficientização Energética na Iluminação Pública com Lâmpadas Vapor de Sódio e LEDs de Potência”. Artigo Técnico, Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica da Universidade federal de Pernambuco – UFPE Recife, Brasil.
- [8] SIQUEIRA, Marcel X. Eletrobrás: PROCEL RELUZ – Alternativas para financiamento de projetos com o uso de LEDs. Trabalho apresentado na LED2010 – Exposição e Conferência Internacional sobre LED, São Paulo, 2010.
- [9] Marcus Vinicius, “Eficientização do Sistema de Iluminação Pública”. Trabalho de conclusão de curso, Faculdade de Ciência e Tecnologia – Área 1, 2014.
- [10] PROCEL RELUZ. Guia técnico: Iluminação Pública Eficiente. Rio de Janeiro. Eletrobrás, 2004.
- [11] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2012. “Iluminação Pública – Procedimento”. NBR-5101, Rio de Janeiro.
- [12] FERRONI, Eduardo et al. Viabilidade de Aplicação da Tecnologia LED: Aplicação em um Campus Universitário. REVISTA LUMIÈRE ELECTRIC, São Paulo, LUMIÈRE, ano 16, n. 197, Setembro, 2014.
- [13] S.Y.R. Hui, IEEE, A Novel Passive Off-line Light-Emitting Diode (LED) Driver with Long Lifetime. 4 f. Artigo Científico – Centro de Eletrônica de Potência, Universidade da Cidade de Hong Kong.
- [14] N. KALACHE, S. G. MOREIRA, R. M. ARAUJO, B. H. D. de OLIVEIRA, T. P. do PRADO Análise Comparativa de Sistemas de Iluminação - Viabilidade Econômica da Aplicação de Led, 9 f. Artigo – Enegep, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2013.
- [15] RANGEL, M. G.; SILVA, P. B.; GUEDE, J. R. A. LED – Iluminação de Estado Sólido. Artigo apresentado no XIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação. Universidade do Vale do Paraíba –UNIVAP, 2009.
- [16] RÉGO, RICARDO; PAULO, GORET; SPRITZER, ILDA; ZOTES, LUIS. Viabilidade econômico-financeira de projetos. 3 ed. Editora FGV, 2010. 164 p. (Gerenciamento de Projetos)
- [17] SVIECH, VINICIUS; MANTOVAN, EDSON Análise de Investimentos: Controvérsias na Utilização da TIR e VPL na comparação de Projeto. Percuro: Sociedade, Natureza e Cultura, vol. 13, nº 1, p 270-298, 2013.