

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CAMPUS PONTA GROSSA**

**SILAS PEDROSO RODRIGUES**

**MELHORIA DE UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO POR MEIO DA  
UTILIZAÇÃO DE COGERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

**Ponta Grossa, PR.  
2016**

**SILAS PEDROSO RODRIGUES**

**MELHORIA DE UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO POR MEIO DA  
UTILIZAÇÃO DE COGERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

Monografia apresentada à Coordenação de Eletrônica no Campus Ponta Grossa da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para obtenção da conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial.

Orientador: Prof. Paulo S. Parangaba Ignacio, Esp.

**Ponta Grossa, PR.**

**2016**



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Câmpus Ponta Grossa  
DAELE – Departamento de Eletrônica



---

## FOLHA DE APROVAÇÃO

### MELHORIA DE UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO POR MEIO DA UTILIZAÇÃO DE COGERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Desenvolvido por:

**SILAS PEDROSO RODRIGUES**

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado em vinte e oito de junho de dois mil e dezesseis, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnologia em Automação Industrial. Os candidatos foram arguidos pela banca examinadora composta pelos professores abaixo assinado. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Paulo Sérgio Parangaba Ignácio, Esp.  
Professor Orientador

---

Prof. Julio Cesar Guimarães, MSc.  
Membro titular

---

Prof. Edison Luiz Salgado Silva, MSc.  
Membro titular

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho aos meus pais Silvano e Sonir pelo apoio durante a realização do mesmo. Aos meus amigos que me motivaram e me fizeram acreditar que era possível. E a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram ao longo do curso e do trabalho, os meus sinceros agradecimentos.

Silas Pedroso Rodrigues

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por ter concedido a coragem e a confiança para seguir em frente com minhas atividades.

Ao Prof. M. Eng. Julio Cesar Guimarães, que deu orientação as etapas iniciais da construção deste trabalho.

Agradeço ao meu orientador Prof. Esp. Paulo Sergio Parangaba Ignacio pela sua atenção, sinceridade, dedicação e senso crítico, sempre que possível.

Aos familiares, pelo apoio moral, incentivo e pela cobrança, pois sem a qual, talvez o objetivo não fosse alcançado.

Enfim, a todos que auxiliaram e presenciaram de alguma maneira para a realização deste trabalho, o meu sincero muito obrigado.

"O Senhor é meu pastor, nada me faltará. Deitar-me faz em verdes pastos, guia-me mansamente a águas tranquilas"

**(Salmos 23, 1:2)**

## RESUMO

Este trabalho apresenta um projeto de adequação do sistema de iluminação do ambiente externo, de um barracão industrial e o sistema de iluminação de emergência conciliado, com um sistema de reaproveitamento do processo de bombeamento de água industrial para a cogeração de energia elétrica, dentro de uma empresa da região sul do país. É apresentado um breve histórico sobre a evolução dos equipamentos de iluminação e sistemas de geração de energia elétrica, como a abrangência destes temas é ampla, limitou-se apenas aos equipamentos e dispositivos aplicáveis no projeto, respeitando as normas vigentes buscando economia e eficiência, com o apoio da automação para controle do sistema, desde o sistema de geração até a utilização da energia armazenada.

**Palavras-chave: Eficiência, Iluminação, Geração de Energia Elétrica.**

## **ABSTRACT**

This paper shows an adaptation project of the external ambient lighting in an industrial shed and the emergency lighting system conciliated with a reused system of industrial water pumping process for the generation of electricity, in a company located in the south of the country. It shows a short background of the evolution of lighting equipment and electric power generation systems, as the scope of these topic is ample, the study was limited only to equipment and devices applicable to the project, respecting the current regulations, looking for economy and efficiency, with the support of automation for system control, from the generation system to the use of stored energy.

**Keywords: Efficiency, Lighting, electric power generation.**



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Vista das partes construtivas de um alternador síncrono.....	20
Figura 2: Vista das partes construtiva de um acumulador de carga.....	22
Figura 3: Diagrama de blocos de um sistema de automação. ....	24
Figura 4: Diagrama de bloco genérico de um transdutor. ....	24
Figura 5: PLC's da família SIEMENS .....	25
Figura 6: Modelos de lâmpada de vapor de mercúrio, tubular e ovoide.....	27
Figura 7: Disposição construtiva de uma lâmpada mista .....	27
Figura 8: Modelos de lâmpada de vapor de sódio alta pressão, tubular e ovoide.....	28
Figura 9: Modelos de lâmpada multi-vapor metálico, tubular, ovoide e R7s .....	29
Figura 10: Modelo de luminária LED tipo pétala.....	29
Figura 11: Tabela de equivalência em emissão de luz e consumo durabilidade e economia com relação as lâmpadas incandescentes comuns.....	30
Figura 12: Curva moto bomba modelo BC-22.....	32
Figura 13: Disposição das luminárias LDE.....	34
Figura 14: Demarcação das áreas de transito entorno do baracão.....	34
Figura 15: Visão 3D dos planos de calculo do DIALux.....	35
Figura 16: Posição dos refletores.....	36
Figura 17: Rotas de fugas traçadas como planos no DIALux .....	36
Figura 18: Plano 6 refletores 10W .....	37
Figura 19: Plano 6 refletores 20W .....	37

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Levantamento da instalação externa.....	31
Tabela 2-Levantamento da iluminação de emergência .....	31
Tabela 3-Luminárias LED para teste .....	33
Tabela 4- Consumo alcançado com luminárias LED.....	35
Tabela 5- Comparativo de custo diário da instalação.....	41
Tabela 6- Custo das novas luminárias .....	42
Tabela 7- Custo da nova iluminação de emergência .....	42
Tabela 8- Custo do sistema de geração e controle .....	43

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CV	Cavalo Vapor, Unidade de medida de Potência
FEM	Força Eletromotriz
IRC	Índice de Reprodução de Cor
ISO	International Organization for Standardization
k	Kilo $10^3$
LED	Light Emitting Diode
Lm	Lumens
m <sup>3</sup> /h	Metro Cubico por Hora
NBR	Norma Brasileira
PLC	Programmable Logic Controller
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Vca	Tensão em Corrente Alternada
Vcc	Tensão em Corrente Contínua
W	Watt – Unidade de potência

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1	TEMA DA PESQUISA.....	15
1.1.1	Delimitação do Tema .....	15
1.2	PROBLEMA .....	15
1.3	PREMISSA .....	15
1.4	OBJETIVOS .....	16
1.4.1	Objetivo Geral .....	16
1.4.2	Objetivos Específicos.....	16
1.5	JUSTIFICATIVA.....	16
1.6	MÉTODO DA PESQUISA .....	17
1.7	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	18
<b>2</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b> .....	<b>18</b>
2.1	REVISÃO DA LITERATURA.....	18
2.1.1	Gerador.....	18
2.1.2	Acumuladores de Carga .....	20
2.1.3	Automação Industrial .....	22
2.1.4	Sensor.....	24
2.1.5	Controladores.....	25
2.1.6	Atuadores.....	25
2.2	Fontes de luz .....	26
2.2.1	Lâmpadas a vapor de mercúrio.....	26
2.2.2	Lâmpadas de luz mista .....	27
2.2.3	Lâmpada a vapor de sódio.....	28
2.2.4	Lâmpadas de multi-vapores metálicos.....	28
2.2.5	Lâmpadas de LED .....	29
<b>3</b>	<b>DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA</b> .....	<b>30</b>
3.1.1	Levantamento de dados.....	30
3.1.2	Análise da instalação e projeção no DIALux de novos dispositivos .....	33
3.1.3	Novos equipamentos propostos para o sistema .....	38
3.1.4	Dispositivos auxiliares .....	39
3.1.5	Equipamentos regulamentados pelas normas vigentes.....	40
3.2	RESULTADOS esperados E ANÁLISES .....	41
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>44</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>46</b>
	<b>Apêndice A</b> .....	<b>48</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A eletricidade está tão presente no cotidiano, que não é comum ficar-se pensando na sua origem, ou no combustível utilizado para a sua geração, quão menos nos impactos causados na utilização dos mesmos.

Roger et al., apud Roper (1999), conclui que menos de um terço dos consumidores sabe de onde vem a eletricidade ou que a geração de eletricidade é responsável por um terço das emissões de gases causadores do efeito estufa.

Com o avanço das redes de distribuição de energia elétrica, ela se tornou um bem de consumo de fácil acesso nos dias de hoje.

Conforme os dados do censo 2010, o serviço de energia elétrica foi o que apresentou a maior cobertura, atingindo 97,8% dos domicílios brasileiros. Na área urbana este percentual chega a 99,1% e na área rural atinge 89,7%. (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2016)

Na história, a geração hidráulica de energia elétrica concentra-se em usinas, baseadas no uso de energias potencial, química, nuclear, gravitacional, carvão combustível, gás natural e óleo combustível, que no seu processo converte energia mecânica em energia elétrica.

Nos Estados Unidos, as primeiras usinas de geração de energia elétrica entraram em operação em 1882, tendo como supervisor responsável Thomas Edison, sendo as duas primeiras usinas movidas por turbinas a vapor e a terceira uma hidrelétrica.

Atualmente o homem não pode abster-se da energia, item fundamental para sua integração e desenvolvimento. Para o desenvolvimento de economias regionais, são necessárias fontes de energia com custos acessíveis e grau de confiabilidade elevado. Acesso ao fornecimento de energia é primordial para a redução das desigualdades sociais, ampliando as facilidades e seguranças na busca pelo desenvolvimento sustentável.

Nos dias de hoje, o foco da grande maioria das empresas é o desenvolvimento sustentável, temas como reciclagem, consumo de energia eficiente, sistemas alternativos de energia limpa se destacam nos cenários industriais, como a energia solar, energia eólica e por que não o reaproveitamento de energia, valendo-se de sistemas que já operam consumindo energia que tem a possibilidade de gerar energia novamente.

Desde a invenção da lâmpada por Thomas Alva Edison (Milan, Ohio, 11/02/1847 – West Orange, Nova Jérsei, 18/10/1931), batizada como lâmpada incandescente, por seu princípio de funcionamento que consiste na passagem de corrente elétrica por um filamento de alta resistividade, elevando a temperatura do mesmo até o estado de incandescência.

Princípio que com o passar do tempo foi sendo estudado e compreendido que, mais 90% da energia consumida pela fonte incandescente de luz é utilizada apenas para gerar calor, restando apenas menos de 10% da energia consumida gerando luz, o que nos dias de hoje fez estes tipos de lâmpadas serem consideradas ineficientes.

Nos dias atuais, o termo “Economia de energia” está estampado por todos os lados na busca de diversas fontes, métodos e procedimentos, com os quais seja possível a redução do consumo de energia, desde a entrada da lâmpada incandescente para a iluminação industrial a evolução do conceito iluminação vem evoluindo consideravelmente até os dias de hoje, com as novas tecnologias empregadas em novos conceitos de lâmpadas, classificadas de acordo com seu princípio de funcionamento sendo, incandescência, descarga e luminescência.

Ainda hoje é bem comum encontrar-se ambientes industriais iluminados por lâmpadas incandescentes das mais comuns até as chamadas halógenas e mistas (uma associação de incandescente com vapor metálico), por lâmpadas fluorescentes desde as mais novas fluorescentes T5 até as mais antigas T12, e ainda existem nos ambientes com mais de 15 anos, lâmpadas de vapor metálico como a de vapor de sódio, mercúrio e mista, e atualmente as lâmpadas LED que são as iniciais em inglês de Diodo Emissor de Luz, entrando no mercado com muita empolgação e muito marketing.

Quando fala-se de eficiência em iluminação alguns parâmetros devem ser levados à risca, principalmente quando estes parâmetros são regulamentados por normas, sendo elas, ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, NBR 10898:2013 e NBR 5461 – Iluminação terminologia.

Com base nas normas e no conhecimento adquirido no decorrer do curso, será estudado uma ambiente real para a estruturação de um sistema de geração de energia elétrica em conjunto com acumuladores de carga ou seja banco de baterias para alimentar a rede de luminárias da área externa e sistema de iluminação de emergência de toda a área de produção da empresa, expondo pontos importantes para a o sistema de iluminação fabril com relação à estrutura do ambiente,

principalmente a economia de energia, sendo um dos pontos de grande relevância para a justificativa dos investimentos.

## 1.1 TEMA DA PESQUISA

Este projeto visa elaborar um sistema para geração de energia elétrica combinado a um processo industrial para a utilização de um gerenciamento eficiente da iluminação.

### 1.1.1 Delimitação do Tema

Consiste no desenvolvimento de um sistema de gerenciamento eficiente de iluminação aplicado a iluminação externa e ao sistema de iluminação de emergência da área fabril de uma empresa da região sul do país.

## 1.2 PROBLEMA

Um sistema de iluminação ineficiente sem coerência com as normas regulamentadoras, um excesso dispositivos empregados, devido à baixa eficiência energética e luminotécnica dos mesmos, e um excesso de relés foto elétricos, podem gerar encargos tanto no custo de sua utilização quanto a sua manutenção.

## 1.3 PREMISSA

Tornar o sistema de iluminação externo e de emergência eficiente o que reduzirá as manutenções corretivas.

Aumentar a eficiência com sistema de gerenciamento lógico e zero consumo de energia elétrica oriundo da concessionária, com a implementação do sistema de geração de energia elétrica e sistema de banco de baterias.

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 Objetivo Geral

Implementar um sistema de gerenciamento eficiente da iluminação externa e do sistema de iluminação de emergência, com utilização de energia elétrica gerada através de um processo industrial.

### 1.4.2 Objetivos Específicos

Reduzir custos com o consumo de energia na parte de iluminação predial, e tornar o sistema de iluminação de emergência mais eficiente, visando um controle maior e um menor consumo de energia no período noturno.

Buscar no mercado equipamentos eficientes e com homologação dos órgãos responsáveis, assim evitando a compra de equipamentos com especificações que possa vir a causar problemas futuros, tendo em vista que ambientes fabris tem o fator de potência regulamentado pelas concessionárias de energia em 0,92 como mínimo aceitável, e muitos equipamentos sem homologação não atendem esse requisito.

Incorporar um sistema lógico que gerencie o sistema de geração de energia e banco de baterias e o acionamento dos equipamentos de iluminação.

## 1.5 JUSTIFICATIVA

Diante dos custos de produção nos dias de hoje, o gasto com energia elétrica impacta direta no custo do produto acabado, sendo um custo variável dentro das empresas.

A utilização de equipamentos que detém maior grau de tecnologia podem assegurar vantagens a processos produtivos, da seguinte forma, equipamento modernos tendem a ser projetados para ter maior eficiência produtiva na utilização de recursos como a energia elétrica

A transição de tecnologia é uma necessidade dentro das indústrias, a qual pode garantir uma vantagem competitiva quando bem empregado, a iluminação dos ambientes pode afetar diretamente os custos com energia elétrica e produtividade de



funcionários, como exemplo lâmpadas com temperatura de cor quentes podem acarretar baixo rendimento para os funcionários

## 1.6 MÉTODO DA PESQUISA

O referido trabalho tem como foco desenvolver um estudo de campo, e pesquisa experimental, empregar um sistema de geração de energia elétrica utilizando a energia mecânica gerada pela queda da água industrial no retorno para a caixa de armazenamento, conforme a capacidade que será calculada de geração de energia serão empregados sistemas de armazenamento para que durante o dia possa ser armazenada a carga suficiente para manter a iluminação no período noturno, também será verificado a situação atual da iluminação externa e o sistema de iluminação de emergência, efetuadas as medições de iluminância, coleta dos dados de consumo de energia elétrica, dispor as novas luminárias, efetuar a medição de iluminância, efetuar a medição do consumo de energia elétrica para comparativos, verificar a disposição dos equipamentos no caso as luminárias e a situação de trânsito ou de trabalho no ambiente para desenvolver um sistema automático ou automatizado para o controle mais eficiente da iluminação não sendo somente por interruptor, mas via Controlador lógico programável (Programmable Logic Controller-PLC) e sensores.

Os testes serão realizados em uma empresa da região sul do país, que atua no ramo de injeção plástica, onde foi constatada uma deficiência na iluminação na área externa e problemas em luminárias de emergência frequentes, onde ocorrem trânsito de pessoas e de vigilantes no período da noite, situação que pode acarretar acidentes e exigir um esforço visual muito grande vindo dos funcionários para transitar nas áreas externas da fábrica, seguindo alguns parâmetros que constam dentro da ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 e NBR 10898:2013, será definido novo sistema de iluminação.

Com o auxílio do *Software* DIALux, para a análise das cenas a cada luminária escolhida para teste, ferramenta que auxiliará em partes até encontrar um fabricante com equipamento de boa qualidade e que possibilite atingir os objetivos.

Após a escolha dos equipamentos, se efetuada a aquisição ou o empréstimo para testes em loco, cada bateria de medição tanto de iluminância quanto de consumo de energia elétrica será registrada em uma planilha do Excel

para confronto dos dados, para a coleta de dados de iluminância será usado um luxímetro e um dispositivo monofásico de medição de consumo de energia elétrica.

## 1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

No primeiro capítulo desta monografia estarão as apresentações do tema e dos objetivos almejados, bem como as suas possibilidades. No segundo, estarão descritos os métodos utilizados no desenvolvimento do sistema como um todo, demonstrando do dimensionamento do sistema em conformidade com as normas, e na sequência, descrição dos equipamentos que compõem o projeto assim como a sua função no sistema. Os possíveis resultados e análises serão apresentados de forma a demonstrar quais as possibilidades obtidas por este tipo de projeto.

No terceiro as conclusões com base no estudo efetuado do sistema e sua viabilidade.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 REVISÃO DA LITERATURA

#### 2.1.1 Gerador

Como informado no manual DT-5 da empresa WEG, a respeito de geradores síncronos, Sua principal característica é a transformação de energia mecânica em energia elétrica. Para entender seu funcionamento considere-se uma espira que se encontra mergulhada em um campo magnético proveniente de um ímã permanente, o princípio básico de funcionamento baseia-se no movimento entre a espira em relação ao campo magnético, com os terminais conectados a anéis que fazem a ponte de ligação com o circuito externo através de escovas, esta configuração de gerador é denominado armadura giratória.

Admitindo que a bobina tenha uma rotação uniforme dentro do campo magnético também uniforme.

Se “ $v$ ” é considerado o valor da velocidade linear da bobina em relação ao campo magnético, segundo a lei da indução (FARADAY), o valor instantâneo da

Força Eletromotriz conhecida como f.e.m. induzida no condutor em rotação determinada por:

$$e = B * l * v * \sin B^v$$

Onde:

e – força eletromotriz (f.e.m.)

B – indução do campo magnético

l – comprimento de cada condutor

v – velocidade linear

Para N espiras têm-se:

$$e = B * l * v * \sin B^v * N$$

Agora falando em geradores de campo giratório, a diferença de potencial é obtida diretamente do enrolamento da armadura, chamado pelo nome usual de estator, sem a necessidade do uso de escovas na sua construção. Tendo sua potência de excitação comumente menor que 5% de sua potência nominal, por deter essas especificações na construção e operação o gerador de campo girante é o mais utilizado.

Em um equipamento contendo um par de polos, a cada revolução das espiras é obtido um ciclo completo de tensão, a construção desse equipamento pode ter maior número de par de polos, que a cada revolução é obtido um ciclo completo de tensão para cada par de polos.

A fórmula para a frequência de operação consiste em:

f – frequência em (Hz)

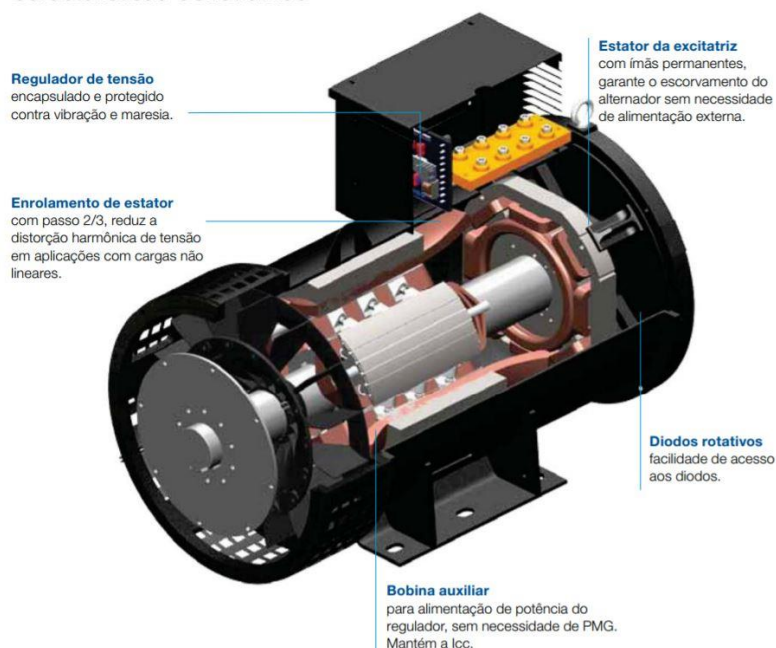
p – número de polos

n – rotação síncrona (RPM- rotações por minuto)

$$f = \frac{p * n}{120}$$

Na construção deste modelo de gerador o número de polos sempre será par, para a obtenção natural dos pares de polos.

## Características Construtivas



**Figura 1:** Vista das partes construtivas de um alternador síncrono

**Fonte:** Imagem adaptada do site [www.weg.net](http://www.weg.net)

### 2.1.2 Acumuladores de Carga

Segundo Magaldi, Miguel (1969), o acumulador de chumbo que tem como aplicação principal as baterias, é um dispositivo capaz de armazenar energia elétrica para uso posterior.

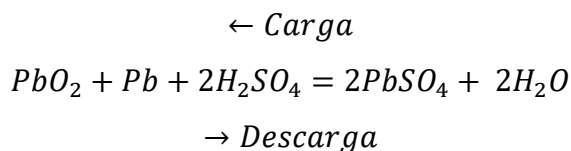
Uma bateria pode ser construída por dois ou mais elementos, dispostos em série para se alcançar um nível de tensão desejado, e em paralelo buscando maior capacidade de corrente e combinando as duas ligações.

O acumulador tem como base a sua construção, dois eletrodos um positivo e outro negativo, sendo constituído de materiais adequados, imersos em eletrólito dentro de um recipiente adequado.

Os materiais constituintes dos acumuladores de chumbo são peróxido de chumbo  $PbO_2$  material que constitui a placa positiva e chumbo esponjoso  $Pb$  a placa negativa, mergulhados em ácido sulfúrico e água destilada  $H_2SO_4 + H_2O$ .

Também pode-se encontrar acumuladores cujo os materiais constituintes são, bi-óxido de níquel  $NiO_2$  material da placa positiva e ferro em pó  $Fe$  a placa negativa mergulhados em um eletrólito constituído de potassa  $KOH$ .

Quando em carga ou descarga o acumulador de chumbo desencadeia reações químicas reversíveis, com desprendimento de calor como mostra a equação:



Quanto a capacidade dos acumuladores, ela pode ser expressa em duas formas:

1º capacidade em quantidade de eletricidade ou em ampères – hora (Ah) representando a carga fornecida por uma bateria ( $Q = I * t$ ).

Onde Q – carga, I – corrente, t – tempo expresso em horas.

2º Capacidade em quantidade de energia ou em watt-hora (Wh) que especifica quanto trabalho uma bateria pode realizar obtida pela multiplicação da capacidade de (Ah) pela diferença de potencial média nos terminais durante a descarga.

Estabelecido a capacidade de uma bateria, tem se a necessidade de especificar o regime de descarga o qual será aplicado sobre o equipamento, também a diferença de potencial mínima entre os seus terminais, onde a descarga será interrompida.

Deve se controlar a temperatura, pois afeta as reações químicas, afetando a capacidade do equipamento.

A especificação mais usual para baterias é o (Ah), com base em um uso contínuo de 8 horas, podendo ser adotado outros modelos de uso contínuo, como exemplo uma bateria de 160 (Ah) é capaz de sustentar um uso contínuo de 20 amperes em um período de 8 horas.

Regimes onde a intensidade de descargas é alta não trazem riscos ao equipamento, contudo descargas intensas (como curtos circuitos nos terminais) sobre o equipamento pode ocasionar o empenamento das placas dos acumuladores.

Contudo deve se tomar um cuidado, quanto ao regime de descarga do equipamento, devido que ao submeter descargas prolongadas onde a diferença de potencial nos terminais venha a ficar abaixo de 1,75 volts, resultará em sulfatação das placas, sendo o depósito de sulfato sobre as placas dos acumuladores, sendo um material de difícil remoção.



**Figura 2:** Vista das partes construtiva de um acumulador de carga

Fonte: Imagem adaptada do site [www.moura.com.br](http://www.moura.com.br)

### 2.1.3 Automação Industrial

Conforme SILVEIRA e Santos na automação industrial notasse que novas técnicas de controle são inseridas em um processo. Junto ao aumento de produtividade, com fator principal do aumento a qualidade de vida pelo poder de compra adquirido pela sociedade, tornando-se um poder gerador de riquezas que jamais existiu. Alguns autores dizem, “as técnicas de produção e a produtividade do trabalho são os fatores preponderantes do poder de compra”.

Pode-se dizer que automação industrial é fornecer e gerir soluções, pois vai do nível chão de fábrica para direcionar ao gerenciamento da informação. Termos popularmente difundidos mas com pequenas diferenças são automatização e automação.

A nomenclatura automatização é disseminado desde a construção das primeiras máquinas e teve sua consolidação com a Revolução industrial, então automatização está ligada ao conceito de movimento automático, repetitivo, mecânico

sendo sinônimo de mecanização, reproduz ação, no entendimento desta mecanização gera somente ações cegas, sem o ato de correção, constitui um sistema no qual a saída segue independente da entrada, então, não há relação do valor desejado para um sistema e o valor de entrada no sistema, por meio da variável responsável por sua atuação, este tipo de controle tem o nome de malha aberta, com isto o sistema sempre terá um comportamento esperado “repetitivo”, sendo determinado por leis físicas indissolúvelmente associadas ao *hardware* utilizado, o *hardware* pode ser de origem mecânica, elétrica, térmica, hidráulica, eletrônica ou de outra origem.

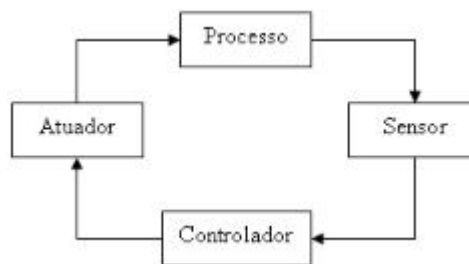
Automação é um conceito munido de um conjunto de técnicas pelas quais são construídos sistemas capazes de funcionar com ótima eficiência por meio da informações oriundas do processo ao qual estão vinculados, com o uso destas informações o sistema é capaz de interpretar e se necessário executar ações corretivas sobre o processo, sendo assim uma característica de sistema de malha fechada, podendo ser chamado como sistema que se auto realimentam, um sistema que mantém uma relação entre os valores de saída e as referências de entrada no processo. Sendo assim o uso de dispositivos de controle que são capazes de executar algoritmos de um programa ou circuitos eletrônicos, fazendo comparações dos valores de saída com os valores desejados e efetuando correções através de cálculos determinados no programa para alcançar o *setpoint* almejado.

Porém a automação consiste em auto ajuste por estar vinculada ao conceito de *software* o que agrega ao sistema a capacidade de ajustar sua saída para atender o *setpoint* de entrada.

Como os termos automação e automatização estão relacionados aos conceitos de malha fechada e malha aberta, o termo automatização também associado a determinadas situações onde a saída é dependente da entrada por meio da realimentação na malha de controle do sistema, isso por que algumas das máquinas da época da revolução industrial apresentaram sistemas mais simples mas com um controle de malha fechada.

Mesmos que existam pequenas diferenças entre os termos automatização e automação, os mesmos devem seguir de acordo com a teoria geral dos sistemas.

Um parâmetro da teoria geral dos sistemas diz que todo sistema dotado de retroação e controle implica na presença de três elementos básicos, com a finalidade de realimentar de informações o sistema de controle conforme figura abaixo.



**Figura 3:** Diagrama de blocos de um sistema de automação.

Fonte: SILVEIRA, Paulo R. da e SANTOS, Winderson E., Automação e controle discreto, 2014, p. 24.

#### 2.1.4 Sensor

Segundo NATALE, os equipamentos que fazem a conversão de grandezas físicas em outras grandezas geralmente são denominados de transdutores, sendo assim, refere-se a esses dispositivos que convertem grandezas físicas em grandezas elétricas (também conhecidos como sinais digitais), com o mesmo significado de sensores.



**Figura 4:** Diagrama de bloco genérico de um transdutor.

Fonte: NATALE, Ferdinando, AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL, 2014, p. 158.

As grandezas de natureza elétrica geradas pelo transdutor podem ser uma tensão, corrente elétrica, resistência e etc.

Com relação ao processo controlado via transdutores, a características de sua grandeza elétrica de saída pode ser dividida em duas, sendo elas analógicas e digitais.

Os sinais analógicos oriundos dos transdutores podem ser compreendidos como sinais que variam ao longo do tempo, uma vez que essa grandeza é escalonada de acordo com o processo a ser medido ou controlado, sendo que a intensidade do sinal de saída varia de acordo com a variação do processo.

Os sinais digitais oriundos dos transdutores podem ser compreendidos como sinais que não variam ao longo do tempo, onde o estado de saída pode ser *on-off* ou também conhecidos como sinais binários 1 e 0.



### 2.1.5 Controladores

Existem disponíveis no mercado dois tipos de controladores, sendo eles não programáveis e programáveis.

Os controladores não programáveis específicos para controle de uma malha, A grande maioria desse modelo de dispositivo, a configuração de parâmetros é restrita de fábrica o que em muito se é possível apenas a alteração de tipos de entradas de transdutores, configuração de alarmes, algumas saídas, algumas rampas e alguns poucos parâmetros.

Já os controladores programáveis, são utilizados em sistemas com mais de uma malha de controle, podendo controlar mais de uma malha simultaneamente, são dispositivos mais avançados dotados de recursos com programação de controle, a qual conta com inúmeras funções tais como alarmes, registros, totalizadores, temporizadores, dentre outros.



**Figura 5:** PLC's da família SIEMENS

Fonte: Imagem adaptada do site [www.siemens.com](http://www.siemens.com)

### 2.1.6 Atuadores

Ainda na visão de SILVEIRA e SANTOS, são dispositivos do processo em que seu acionamento executam forças de deslocamento, ou outra ação física no processo, essa ação é determinada pelo controlador do sistema para tomar ações de controle do sistema, essas ações podem ser de origem magnética, hidráulica, pneumática,

elétrica e simultânea, alguns exemplos de atuadores podem ser válvulas proporcionais, motores e etc.

## 2.2 FONTES DE LUZ

Segundo SILVA, a tratativa a respeito de luz artificial, para melhor entender seu funcionamento, podem ser comparadas com fontes naturais ou com origem na natureza.

A incandescência princípio de funcionamento da lâmpada incandescente pode ser representada pela luz do sol.

Descarga princípio de funcionamento igual a seu comparativo na natureza o raio (relâmpago ou descarga elétrica), onde no equipamento há uma descarga controlada dentro de um tubo de vidro, quartzo ou cerâmica.

Luminescência o princípio de emissão de luz dos novos sistemas LED onde tem seu comparativo na natureza ao vaga-lume.

### 2.2.1 Lâmpadas a vapor de mercúrio

Esse modelo de lâmpada são dispositivos muito utilizados em iluminação pública e funcionamento muito parecido ao das lâmpadas fluorescentes.

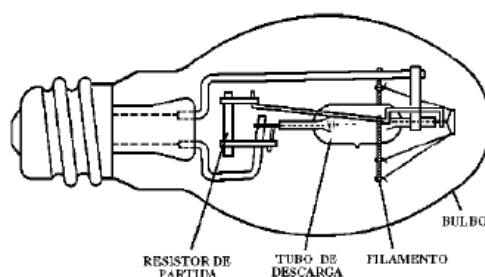
Dentro deste modelo de lâmpada contém um tubo de descarga de quartzo com eletrodos na extremidade, que por meio destes após a partida da lâmpada por meio de um reator, são emitido elétrons que colidem com os átomos de mercúrio ali contido, provocando a vaporização do mesmo e emitindo raios ultravioleta que atravessam o bulbo pintado com tinta fósforo provocando assim a sensação de luz visível.



**Figura 6:** Modelos de lâmpada de vapor de mercúrio, tubular e ovoide  
 Fonte: Imagem adaptada do site [www.osram.com.br](http://www.osram.com.br)

### 2.2.2 Lâmpadas de luz mista

Esse modelo de lâmpada é a união de uma lâmpada incandescente com uma lâmpada de vapor de mercúrio puro, a partida deste dispositivo se dá pelo aquecimento do filamento resistivo que ao aquecer faz a movimentação dos elétrons dentro do tubo de descarga, esse modelo dispensa reator e é ligado diretamente na rede 220Vca uma observação é que esse modelo não tem disponibilidade para tensão de 127Vca, o nome de lâmpada mista se dá por esta união de um filamento incandescente e um tubo de descarga.



**Figura** - Lâmpada de luz mista

**Figura 7:** Disposição construtiva de uma lâmpada mista  
 Fonte: Imagem adaptada do site [www.foxlux.com.br](http://www.foxlux.com.br)

### 2.2.3 Lâmpada a vapor de sódio

As lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão funcionam com a utilização de um ignitor e um reator, na partida o ignitor eleva a tensão a um nível de 3,5 a 4,5 kVca.

Para a geração de luz a corrente passa por um tubo cerâmica que contém sódio, não podendo ser um tubo de quartzo como nas lâmpadas de mercúrio pelo fato do sódio ser muito corrosivo, sendo uma luz de alta intensidade e de cor amarelada, o que acarreta em um IRC muito baixo mas em contra partida essa luz de alta intensidade gera um fluxo luminoso que na relação custo se torna muito econômica.

Esse modelo de lâmpada fica mais indicada a uso em locais onde a necessidade de reprodução de cor não seja um item de restrição como em estacionamentos e vias públicas.



**Figura 8:** Modelos de lâmpada de vapor de sódio alta pressão, tubular e ovoide  
Fonte: Imagem adaptada do site [www.osram.com.br](http://www.osram.com.br)

### 2.2.4 Lâmpadas de multi-vapores metálicos

Um dos modelos de lâmpadas mais utilizados atualmente.

Com sistema de partida e operação igual ao das lâmpadas de vapor de sódio, que depende de reator e ignitor por necessitarem de um pulso de partida que pode alcançar 4,5kV.

No interior do bulbo externo fica o bulbo de quartzo contendo uma variedade de metais nobres, que ao vaporizarem emitem uma luz branca com ótimo IRC por volta de 90 onde a escala máxima seria 100, IRC atingido pela luz do sol.



**Figura 9:** Modelos de lâmpada multi-vapor metálico, tubular, ovoide e R7s  
Fonte: Imagem adaptada do site [www.empalux.com.br](http://www.empalux.com.br)

### 2.2.5 Lâmpadas de LED

Uma Fonte de luz, muito comentada nos dias de hoje mas tem sua introdução no mercado na cor vermelha por volta de 1963 por Nick Holonyak Jr., também conhecido como pai do diodo emissor de luz, Atualmente são utilizados em todas as áreas para iluminação contando com diversos fabricantes e diversos modelos.





Com relação ao seu funcionamento que é baseado nos níveis de energia, também compreendido com quando a tensão é aplicada, os elétrons mudam para camadas eletrônicas mais energéticas e quando retornam ao suas camadas normais liberam a energia absorvida em forma de luz, como cada material tem uma estrutura diferente também contém camadas eletrônicas diferentes o que ocasiona a cor de luz emitida pelo LED.

Nos dias de hoje as luminárias LED que com o apoio dos *drives* dispositivos que alimentam os LED's, estão chegando a uma eficiência de 100 lumens por watt consumido, o que os colocam em grande destaque hoje em dia.



**Figura 10:** Modelo de luminária LED tipo pétala  
Fonte: Imagem adaptada do site [www.ecp.com.br](http://www.ecp.com.br)

A figura 10, apresenta o modelo de luminária a ser utilizado no projeto da iluminação externa.

EFICIÊNCIA		Menos		Mais	
TIPO					
	COMUM	HALÓGENA	CFL	LED	
CONSUMO	40 W	28 W	8 W	4 W	
	60 W	42 W	12 W	6 W	
	75 W	53 W	15 W	8 W	
	100 W	70 W	20 W	10 W	
DURABILIDADE	1 ano	1-3 anos	6-10 anos	15-25 anos	
ECONOMIA	×	até 30%	até 80%	até 95%	

**Figura 11:** Tabela de equivalência em emissão de luz e consumo durabilidade e economia com relação as lâmpadas incandescentes comuns  
 Fonte: Imagem adaptada do [blogligacaohomecenter.wordpress.com](http://blogligacaohomecenter.wordpress.com)

A figura 11 apresenta um breve comparativo, de como as lâmpadas LED possuem uma vantagem tecnológica, até mesmo ante as lâmpadas fluorescentes compactas as CFL.

### 3 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

#### 3.1.1 Levantamento de dados

O levantamento dos equipamentos instalados e do processo a ser reutilizado é o primeiro passo a ser dado para a elaboração do projeto, sendo vital para o dimensionamento dos novos dispositivos.

Primeiramente conforme foi levantado, os dispositivos de iluminação externa e iluminação de emergência, sendo assim possível medir o consumo atual da instalação externa, com o auxílio do dispositivo DDS238-2 SW, cada dispositivo levantado teve a medição do consumo individualizada, para devidos cálculos de consumo, não apenas os dados apresentados pelos equipamentos conforme consta no manual do fabricante, mas sim como se comportam na referida instalação, conforme tabela abaixo.

**Tabela 1-Levantamento da instalação externa**

Instalação Externa Atual				
Medição individual de cada dispositivo				
Dispositivos	Instalados	Corrente em Ampères	Tensão em Volts Fase-Neutro	Potência em Watts
Lâmpada mista 250W	6	1,19	217,00	1549,380
Refletor LED 20W	1	0,09	218,50	20,000
Refletor LED 10W	1	0,04	217,80	10,000
Lâmpada HPI-T 400W	1	2,34	214,5	501,930
" HPI Puls 400W	1	2,38	216,8	515,984
" SON-T Puls 400W	1	2,36	215,4	508,344
Total=				3105,638

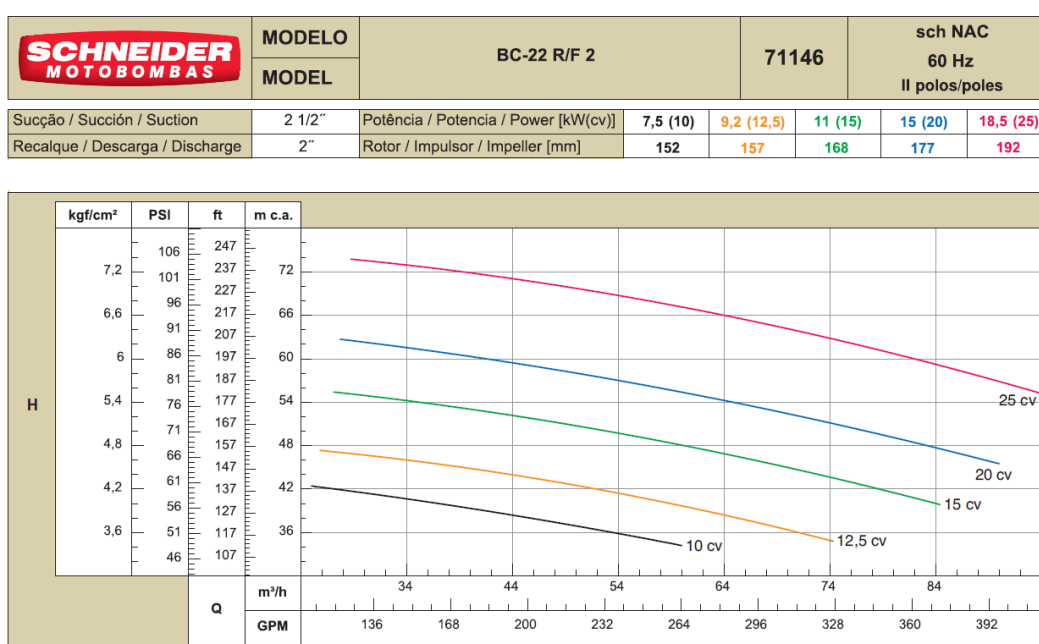
**Tabela 2-Levantamento da iluminação de emergência**

Iluminação de Emergência Atual			
Dispositivos	Nº de dispositivos instalados	Intensidade luminosa em lumens	Duração da bateria em horas
Luminária de Emergência 30 LED's Bateria de Lítio 2w Bivolt	7	100	4,0
Luminária de Emergência 960 Lumens LED dois faróis Bivolt	4	960	3,0

Como a instalação não contém, esquema elétrico digital ou impresso da instalação destes equipamentos, foi feito efetuado o desenho do diagrama multifilar, como o auxílio do *Software* QElectroTech, para melhor interpretação e visualização do sistema, conforme exemplo no apêndice A.

Ao coletar os dados das duas bombas de água industrial, sendo elas modelo BC22 R2 20 CV, foi verificado junto ao catálogo do fabricante, a coerência com as

informações, para encontrar a vazão dos equipamentos, conforme as curvas de trabalho deste modelo, como a pressão de trabalho do sistema não tem correspondente da curva de trabalho, foi cogitado a medição via medidor de vazão ultrassônico, mas no estado do Paraná não há empresas que forneça esse tipo de serviço ou alugue o equipamento para medição, foi entrado em contato com uma empresa de São Paulo capital, que loca equipamentos de medição, mas o custo para a locação se tornou inviável, uma vez que a mesma solicitou um depósito calção de R\$ 60.000,00, para enviar o aparelho por este motivo foi mensurado com aproximações a vazão do sistema.



**Figura 12:** Curva moto bomba modelo BC-22

Fonte: Imagem adaptada do site [www.schneider.ind.br](http://www.schneider.ind.br)

Com o auxílio da assistência de engenharia de aplicação da Schneider, para entender o funcionamento dos equipamentos em um sistema que não se encaixava nas curvas das bombas (que se encontram disponíveis no site do fabricante), foi calculado a vazão atual da tubulação com auxílio de um manômetro instalado no caracol de cada bomba, levando em consideração as perdas do sistema e pequenos ramais retirados da linha principal que retornam diretamente para a caixa de água, o que contabilizará 80,22% de da vazão máxima dos equipamentos na tubulação principal de retorno, isto resulta em uma vazão de retorno de aproximadamente 142 m<sup>3</sup>/h para as bombas.



### 3.1.2 Análise da instalação e projeção no DIALux de novos dispositivos

Com base nos dados coletados da instalação, e com o conhecimento adquirido por meio da literatura, que as lâmpadas mistas instaladas consomem muita energia e tem baixo rendimento, já as luminárias com lâmpadas de vapor metálico detém um rendimento por volta de 64 lm/W e as lâmpada de vapor de sódio de alta pressão apresentam um rendimento de 110 lm/W esses são dados calculados com base nos dados coletados do consumo real e dados de intensidade luminosa fornecidos pelo fabricante, os refletores que comportam as lâmpadas já apresentam um estado de depreciação devido ao tempo de uso e pela origem desconhecida, o que acarreta uma redução da intensidade luminosa entregue pelo refletor.

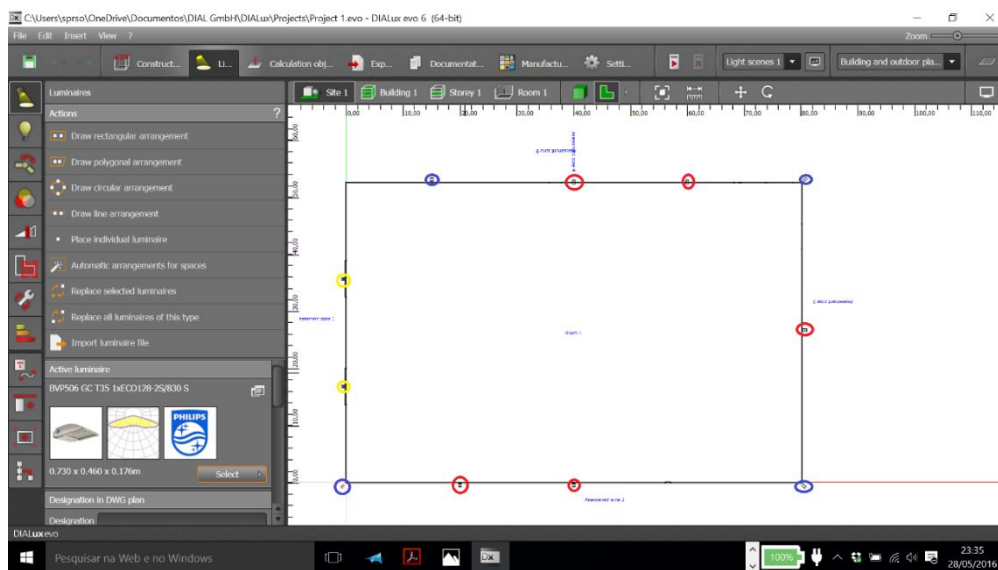
Esse estado de depreciação apresentado pelos refletores, afeta a reprodução via *software*, sendo assim será considerado apenas o consumo na instalação atual.

Na busca por fornecedores de luminárias LED, o fornecedor LATINA comercio e indústria se propôs a emprestar uma luminária modelo HB-P01 96W e uma HB-P01 64W as quais foram testadas com o DDS238-2 SW conforme tabela 3.

**Tabela 3-Luminárias LED para teste**

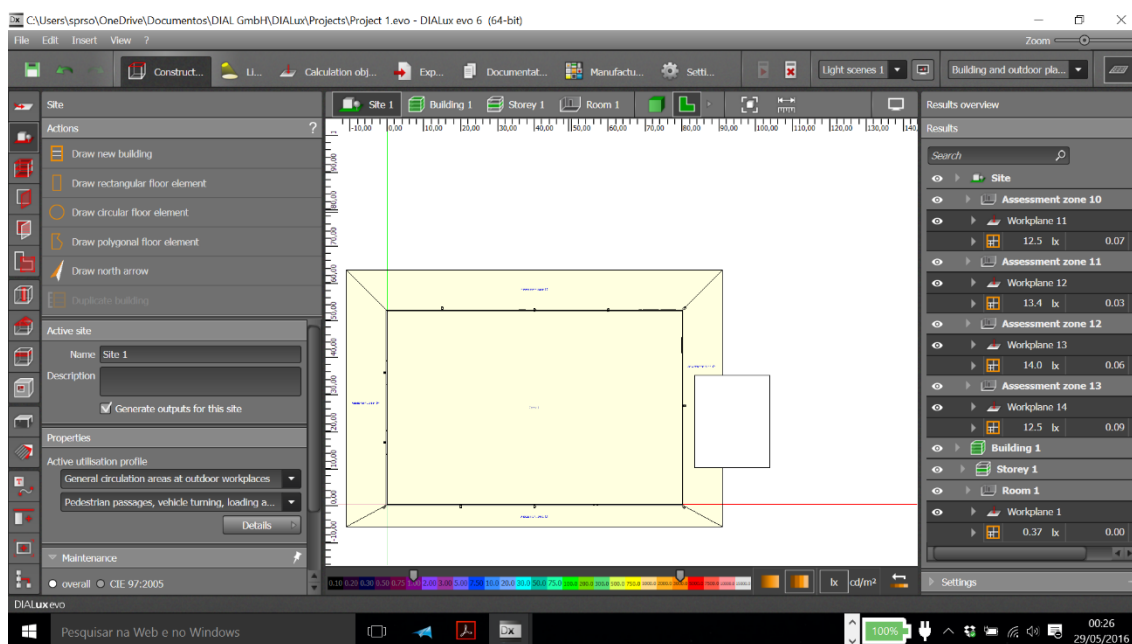
Luminárias LED				
Medição individual de cada dispositivo				
Dispositivo	Nº de dispositivos	Corrente em Ampères	Tensão em Volts Fase-Neutro	Potência em Watts
HB-P01 64W	1	0,30	217,50	65,250
HB-P01 96W	1	0,49	217,50	106,575

Como as luminárias são da marca ECP, e o *software* depende do fabricante gerar um *plug-in*, a ECP não disponibiliza esses arquivos para o DIALux, então foi utilizado o catálogo do fabricante, para encontrar plug-ins de outros fabricantes com as mesmas especificações de fluxo luminoso e ângulo de abertura do fecho de luz, segue as figuras 14, 15 e 16 do projeto no *software*.



**Figura 13: Disposição das luminárias LDE**  
**Fonte: Imagem do Software DIALux projeto próprio**

A figura 14 apresenta marcações em vermelho mostram a posição das luminárias de LED 64W, as marcações em azul mostram a posição das luminárias de LED 96W, já as duas marcações em amarelo somente luminárias que não entraram na lista de luminárias a serem substituídas no projeto pelo fato de serem lâmpadas de vapor de sódio e utilizadas para iluminação do estacionamento e parcialmente já iluminam a área frontal do baracão, como o foco é a melhorias na áreas de rota dos vigilantes no período noturno focando a troca das luminárias de baixo rendimento ou mal dimensionadas.



**Figura 14: Demarcação das áreas de transito entorno do baracão**

Fonte: Imagem do Software DIALux projeto próprio

A figura 15 apresenta uma visão 2D das rotas usadas pelo vigilante, entorno do barracão.

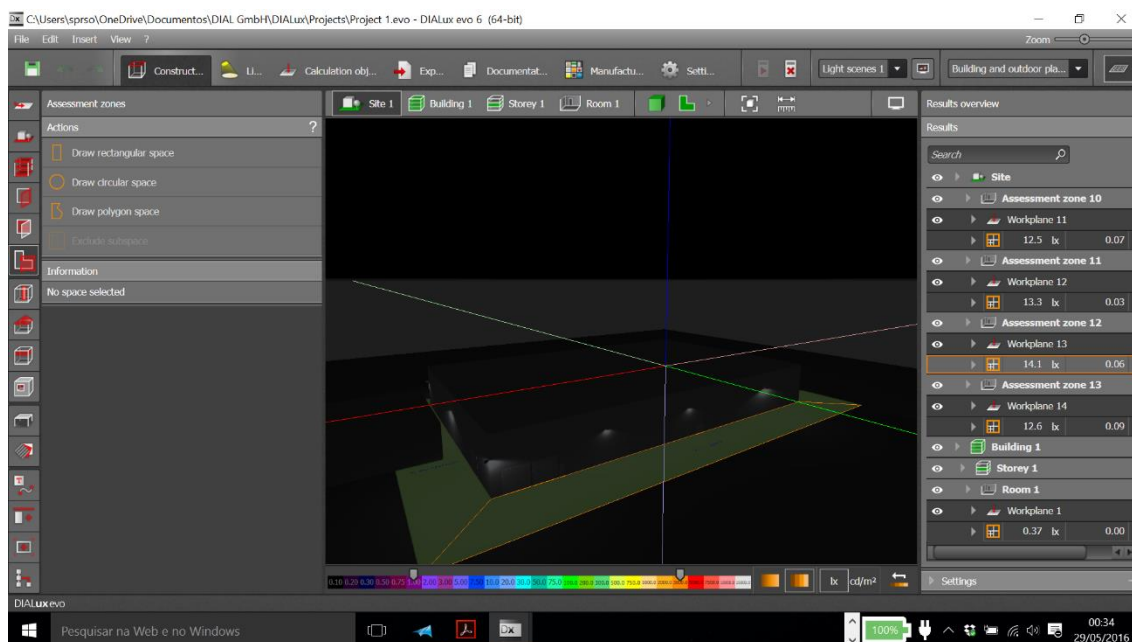


Figura 15: Visão 3D dos planos de calculo do DIALux

Fonte: Imagem do Software DIALux projeto próprio

A figura 16 apresenta a disposição das luminárias, assim o *software*, já calcula a intensidade luminosa por plano de trabalho em tom mais claro com contorno laranja.

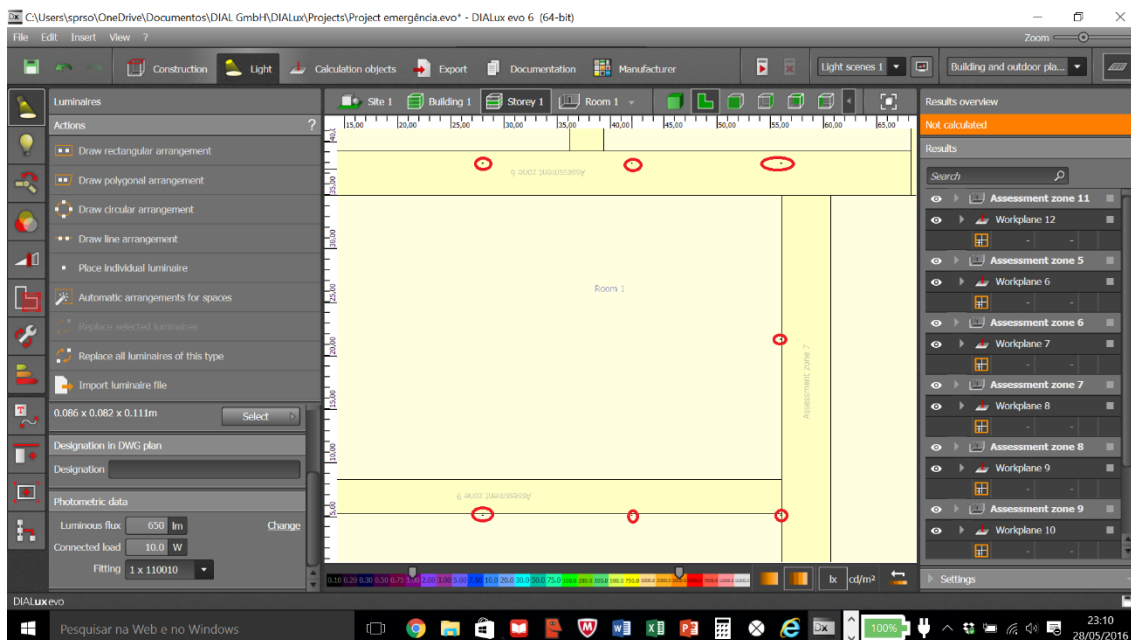
Para se ter uma melhor visualização do consumo de energia elétrica das luminárias, segue a tabela.

Tabela 4- Consumo alcançado com luminárias LED

Luminárias LED				
Medição individual de cada dispositivo				
Dispositivo	Nº Projetados	Corrente em Ampères	Tensão em Volts Fase-Neutro	Potência em Watts
HB-P01 64W	5	0,30	217,50	326,25
HB-P01 96W	4	0,49	217,50	426,30
Total=				752,55

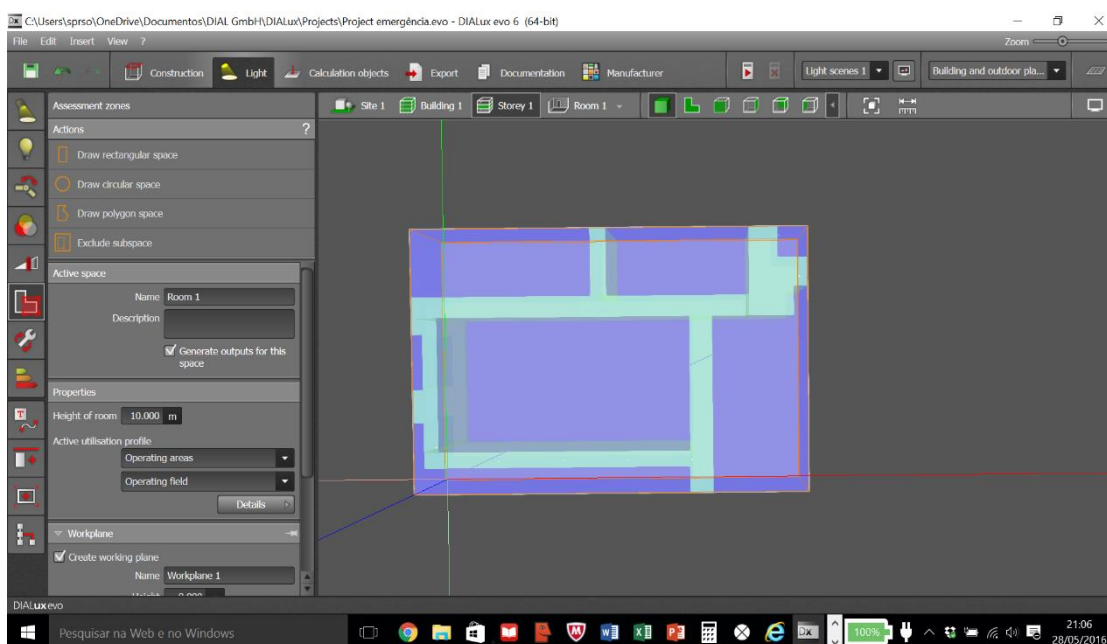
Já o sistema de iluminação de emergência contém algumas lacunas, com a observação em loco, foi constatado rotas de fuga que ficam deficientes de iluminação

em caso de falta de energia no período noturno, com base nesses dados é elaboração uma proposta de adequação do sistema de iluminação de emergência, com o auxílio do *software*, para melhor visualização segue as figuras 17, 18,19 e 20.



**Figura 16:** Posição dos refletores  
**Fonte:** Imagem do Software DIALux projeto próprio

É destacado em vermelho na figura 17, a posição de alguns refletores, essas posições estão definidas conforme o posição de pilares e treliças da estrutura física do galpão.



**Figura 17:** Rotas de fugas traçadas como planos no DIALux

Fonte: Imagem do Software DIALux projeto próprio

A figura 18, apresenta uma visão superior das rotas de fuga específicas da empresa em questão.

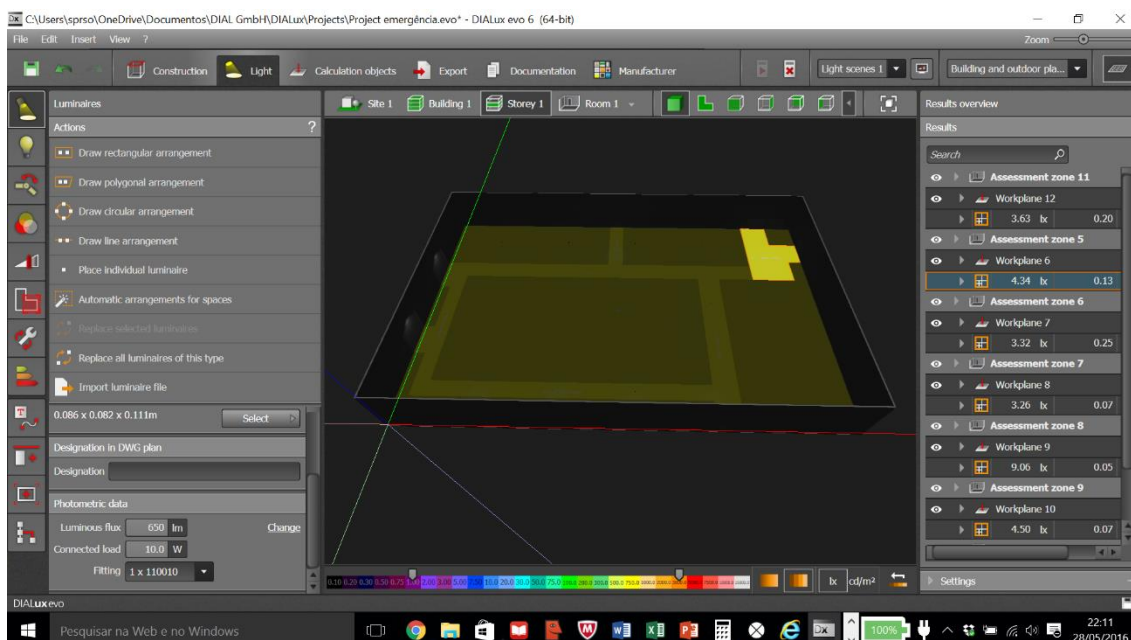


Figura 18: Plano 6 refletores 10W

Fonte: Imagem do Software DIALux projeto próprio

A figura 19 apresenta a média de iluminância no uso de refletores de 10w, nas áreas demarcadas como rotas de fuga.

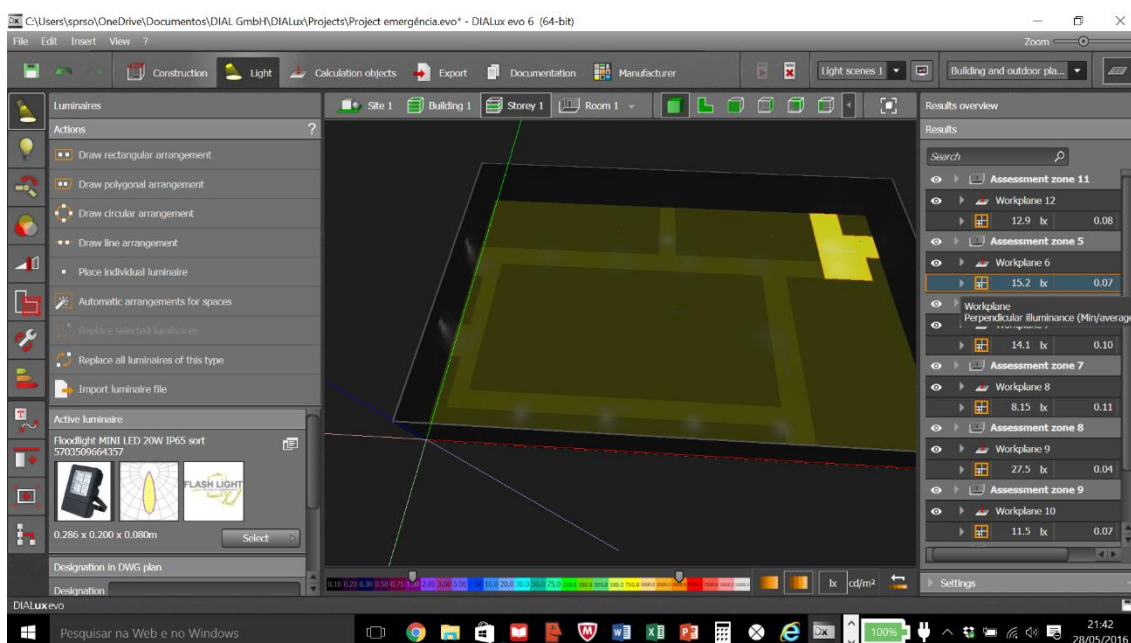


Figura 19: Plano 6 refletores 20W

**Fonte:** Imagem do Software DIALux projeto próprio

Conforme as figuras 19 e 20, é efetuado um teste via *software* na utilizando refletores de 10W e 20W, para iluminar as rotas de fuga, assim com a comparação via *software*, é possível visualizar a iluminância média pelas rotas de fuga, e escolher a potência dos refletores que estão fornecendo a iluminância conforme a os parâmetros da NBR 10898:2013. Sendo definido a potência dos equipamentos é possível levantar carga total a ser utilizada, e dimensionar do sistema de banco de bateria fixo, para alimentação do sistema de iluminação de emergência.

### 3.1.3 Novos equipamentos propostos para o sistema

Para estimar a carga possível fornecida pelo gerador, é necessário calcular a energia hidráulica conforme o cálculo básico a seguir:

$$Ph = h * Q * g$$

$$Ph = \text{Potência hidráulica}$$

$$h = \text{Desnivel hidráulico}$$

$$Q = \text{Vazão disponível em } \frac{m^3}{s}$$

$$g = \text{Aceleração da gravidade } 9,81 \text{ m/s}^2$$

Então fica:

$$\frac{142 \frac{m^3}{h}}{3600 s} = 0,0394 \frac{m^3}{s}$$

$$Ph = 2,5 m * 0,0394 \frac{m^3}{s} * 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$Ph = 0,966 \text{ kW}$$

Como na geração há uma perda de carga estima-se um rendimento do gerador de 85% o que dá:

$$P = 0,966 \text{ kW} * 85\%$$

$$P = 0,82 \text{ kW}$$

Conforme o levantamento será possível a instalação de um gerador com capacidade de carga por volta de 0,82kW (já considerando as perdas conforme visto), viabilizando o uso de sua carga para o acendimento da iluminação externa durante a

noite enquanto a fábrica estiver em funcionamento e carregar as baterias estacionárias.

Painel Central de controle, será instalado com um PLC, que pode ser um dispositivo para pequenas automações, o qual ficará responsável por gerenciar a carga das baterias e o controle da iluminação externa e emergência, e principalmente na manobra das cargas entre carga de baterias e iluminação do sistema, afim de reduzir o consumo de energia da rede Copel, para esse fim, a mudança das luminárias de emergência que comportam baterias autônomas para sistema de baterias estacionárias irá gerar um benefício com relação a manutenção dos dispositivos uma vez que o PLC pode efetuar a descarga das baterias estacionárias, não as deixando ociosas em tempo integral, em horários onde a fábrica não detenha de pessoal trabalhando dentro do setor produtivo, uma vez que não há a necessidade de uso da iluminação de emergência para evacuação,.

Como visto nos sistema de iluminação atual, há um excesso de fotocélulas de controle, a ideia de colocar um painel para controle da iluminação externa junto a iluminação de emergência, contando como já mencionado com um PLC munido de um lógica que faça o controle de cargas por tempos pré-determinados na programação.

#### 3.1.4 Dispositivos auxiliares

Conforme a literatura abordada sobre geradores o sistema contara com um controlador de carga para a rede de alimentação oriunda do gerador a ser instalado, dispositivo ao qual irá controlar a carga aplicada sobre o gerador para que o mesmo não fique trabalhando a vazio.

Dispositivo para carga das bateria agregadas ao sistema, ao qual ficará a responsabilidade de carregar as baterias tanto do sistema de emergência quanto as baterias para sustentação do sistema de iluminação externa nos períodos de fábrica inoperante, aqui no caso finais de semana.

Baterias estacionárias, o banco de baterias fica encarregado de manter o sistema de iluminação de emergência no caso de queda de fornecimento pela concessionária e a iluminação externa nos finais de semana.

Inversor, dispositivo responsável por converter a energia acumulada nas baterias 12Vcc para uso em 220 Vca, com isso não demandará de um

dimensionamento de bitola elevada dos cabos para alimentar as redes de luminárias, o que não irá onerar o custo de instalação, o que em muitos trechos pode ser utilizada a instalação atual que detém de um cabeamento de 2,5 mm<sup>2</sup> de secção transversal.

### 3.1.5 Equipamentos regulamentados pelas normas vigentes

Conforme análise via *software* da iluminação e observação em loco, é proposto uma iluminação toda em LED, com base nas luminárias modelo HB-P01 da ECP a qual se teve acesso para teste, o sistema contará com 4 luminárias HB-P01 96W de 12000Lm e 5 HB-P01 64W de 8000Lm, esta configuração de luminárias no entorno do baração confere as áreas de transito de vigilância uma iluminância conforme a ABNT NBR 5101:2012, a qual fornece uma tabela de iluminância mínima para trânsito de pedestres, onde para um trânsito pequeno ou moderado indica 5Lm de intensidade luminosa média, bom como visto na imagens de projeção do *software* foi considerado a faixa de 10Lm que se refere a um trânsito intenso, como foi verificado na ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, não tem parâmetro para iluminância de áreas de vigilância ou para transito de vigilantes em áreas externas de ambientes fabris, aqui a disposição dos equipamento foi levado o bom senso para conciliar transito do vigilante no período noturno, posicionando a luminárias principalmente sobre pontos críticos como equipamentos e pontos cegos das câmeras de vigilância buscando atingir a iluminância mínima da área total de 10Lm.

Já o sistema de iluminação de emergência fica em conformidade com a ABNT NBR 10898:2013, a qual regulamenta a iluminância mínima de 3Lm para áreas de rotas de fuga sem degraus, sendo o caso analisado, conforme a distribuição feita no software com os refletores de 10W, foi superado a iluminância mínima de 3Lm por cada área que compõem as rotas de fuga, ainda o posicionamento dos refletores foi enquadrado dentro do índice de ofuscamento.

O conjunto de baterias estacionárias ficam dimensionadas com uma base de 5 horas de funcionamento pleno, a NBR 10898:2013 traz no item 4.3.2 pg 4 apenas autonomia do sistema de emergência com relação ao tempo de abandono de área, com relação a esse tempo foi conseguido junto ao setor de segurança do trabalho da empresa, que o tempo médio de abandono de área em simulados é de aproximadamente 14 minutos, esse superdimensionamento no tempo do sistema de iluminação de emergência é a cargo de se necessário reparos noturnos por falta de



energia oriundo de problemas internos onde os manutentores podem precisar transitar pela área fabril em busca de equipamentos específicos para a realização do serviço. Conforme anexo c da NBR 10898:2013 a documentação será preenchida e arquivada para auditorias futuras garantindo a conformidade do projeto.

### 3.2 RESULTADOS ESPERADOS E ANÁLISES

Conforme levantamento feito da instalação atual e projeção via *software* de novos equipamentos para o sistema, segue tabela abaixo para medir os valores de consumo:

**Tabela 5-** Comparativo de custo diário da instalação

Tempo médio diário de utilização 11horas		Custo por kW/h aproximado em Maio 2016
19:00 às 21:00 horário de ponta	2 horas	R\$ 1,63
21:00 às 06:00 fora de ponta	9 horas	R\$ 0,54
Situação	Consumo total em Watts	Custo total em R\$ por dia
Atual	3105,7	R\$ 25,22
Proposta	752,6	R\$ 6,11

Como é possível perceber o consumo cai acentuadamente da instalação antiga para a proposta com isso o consumo direto sem o uso do gerador, é obtida uma economia da instalação de:  $\left(1 - \frac{R\$ 6,11}{R\$ 25,22}\right) * 100 = 75,77\%$

Levando em consideração que a iluminação externa não para durante finais de semana, feriados e recessos, é possível estimar que o custo com a energia elétrica, em 1 ano, é reduzido em:

$$\text{Proposta} \rightarrow R\$ 6,11 * 365 \text{ dias} = R\$ 2.330,15$$

$$\text{Situação} \rightarrow R\$ 25,22 * 365 \text{ dias} = R\$ 9.205,30$$

$$(\text{Situação} - \text{Proposta}) \rightarrow R\$ 9.205,30 - R\$ 2.330,15 = R\$ 6.875,15$$

Conforme representante da empresa LATINA comercio e indústria, forneceu o custo de cada luminária LED, conforme tabela 6.

**Tabela 6-** Custo das novas luminárias

Dispositivo	Quantidade	Valor unitário	Custo das unidades
HB-P01 64W 5200K	5	R\$ 690,00	R\$ 3.450,00
HB-P01 96W 5200K	4	R\$ 910,00	R\$ 3.640,00
Total=			R\$ 7.090,00

Se a proposta fosse apenas a substituição dos refletores externos por luminárias LED, seria possível obter um *Payback* de 13 meses.

Já o sistema de iluminação de emergência é um investimento com caráter de melhoria ao qual não há *Payback* estimado, os benefícios com relação a este item é o aumento da segurança e integridade dos funcionários na ocorrências de falha no fornecimento de energia elétrica da concessionária e o enquadramento dentro dos parâmetros das NBR vigentes o que livra a empresa de suspensões e multas decorrente de auditorias dos órgãos públicos de fiscalização.

Este investimento em luminárias, sistema de baterias estacionária carregador e inversor, nesse momento não será analisando o painel central de controle, fica estimado conforme tabela abaixo.

**Tabela 7-** Custo da nova iluminação de emergência

Dispositivo	Quantidade	Valor unitário	Custo total
Refletor 10W 5500K	14	R\$ 32,50	R\$ 455,00
Fonte Overloud 70A	1	R\$ 510,00	R\$ 510,00
Inversor de 800W 12V/220V Hayonik	1	R\$ 450,00	R\$ 450,00
Bateria Estacionária Moura Clean 12MF220 220Ah	1	R\$ 1.070,00	R\$ 1.070,00
Total=			R\$ 2.485,00

Os valores dos dispositivos são uma média aproximada obtida de com relação a 6 fornecedores no mês de maio de 2016.

O sistema de geração de energia estimado unido do painel central de controle do sistema de iluminação e carga das baterias, se torna um investimento com retorno mesmo sendo uma melhoria concilia a redução do consumo de energia, como um dos assuntos mais relevantes nos dias de hoje que é a energia limpa, este sistema se enquadra muito bem neste quesito, até mesmos na visão de reaproveitamento de um processo para cogeração de energia, ao passo de conciliar um o sistema de geração com um sistema automatizado de controle para o uso da energia, é possível que o consumo de energia caia ainda mais o que pode demandar de apenas alguns ajustes

até mesmo pelas dificuldades encontradas para medir a vazão do sistema, ao qual gerador será acoplado na saída da rede sem prejudicar o sistema. Segue uma tabela de estimativas do custo do sistema de geração, controle de carga e painel central de controle.

**Tabela 8-** Custo do sistema de geração e controle

Dispositivo	Uni.	Valor unitário	Custo das unidades
Hidro gerador de turbina 3kW	1	R\$ 2.500,00	R\$ 2.500,00
Controlador de carga eletrônico ELC	1	R\$ 2.000,00	R\$ 2.000,00
Inversor de 800W 12V/220V Hayonik	1	R\$ 450,00	R\$ 450,00
Bateria Estacionária Moura Clean 12MF220 220Ah	4	R\$ 1.070,00	R\$ 4.280,00
PLC para controle do sistema	1	R\$ 1.540,00	R\$ 1.540,00
Painel mais componentes (contator, bornes, temporizadores, relés, calhas e sensores)	1	R\$ 2.230,00	R\$ 2.230,00
Montagem de sala para baterias	1	R\$ 1.200,00	R\$ 1.200,00
		Total=	R\$ 14.200,00

Mesmo que o sistema seja simples é um investimento pesado, sem estar incluído o custo de mão de obra para a execução.

Se colocarmos todos os custos levantados até aqui, e somente a economia de energia direta de substituição das luminárias externas, é possível calcular um *Payback* da seguinte forma, o custo das novas luminárias externa e sistema de iluminação de emergência, somados o custo do sistema de geração e controle de energia elétrica fica:

$$R\$ 2.845,00 + R\$ 7.090,00 + R\$ 14.200,00 = R\$ 23.775,00$$

Custo total do projeto gira em torno de R\$ 23.775,00, logo:

$$\text{Economia direta mês} \frac{R\$ 6.875,15}{12} = R\$ 572,92$$

$$\frac{R\$ 23.775,00}{R\$ 572,92} = 41,5 \text{ meses}$$

Com base nesse resultado o *Payback* mínimo será de aproximadamente 42 meses.

## 4 CONCLUSÃO

Com a finalização deste estudo e com os dados coletado do sistema, foi elaborado estas melhorias e adequações, no entanto, no processo de coleta de dados, foi identificado que no sistema de água industrial da planta, uma das duas bombas está sub dimensionada para a rede a qual ela está acoplada, fazendo uma breve análise sobre os dados da rede, conclui-se a necessidade de aumentar a potência desta bomba de 20cv para 25cv, o que acarretará em uma vasão maior do sistema, possibilitando um aumento da potência hidráulica.

O uso combinado do banco de baterias com o gerador, fará com que o sistema de iluminação, utilize energia da rede somente quando a fábrica estiver inoperante, no caso de finais de semana, recessos e feriados.

O problema identificado na elaboração da proposta será sanado facilmente com a aplicação deste projeto uma vez que, os dispositivos selecionados se enquadraram dentro das normas como o próprio fabricante informa no catalogo, tendo uma vida útil superior a 40.000 horas, em relação as lâmpadas mistas que detém uma vida útil em torno de 10.000 horas segundo o fabricante, dentre outras vantagem, como menor consumo de energia, retorno ao funcionamento após queda de energia, baixo consumo de energia elétrica e baixo índice de manutenção.

Com relação aos objetivos, ao qual esta proposta foi moldada, a redução no consumo de energia da concessionário é mensurado na proposta como o ponto forte e que viabilizará o projeto num todo, já os equipamentos mencionados aqui principalmente da iluminação que afetariam o sistema, são da empresa ECP que contém a certificação ISO 9001, e como informado pelo fabricante e constatação com o dispositivo DDS238-2 nos testes individuais o fator de potência ficou acima de 0,92 que é o exigido pela concessionária Copel, com há uma série de normas atualmente em vigor para dispositivos LED, equipamentos nacionais como é o caso, dificilmente estarão em não conformidade, principalmente quando o fabricante expõe isso e com a possibilidade de testes individuais fica mais evidente esse quesito.

A implementação do sistema de controle automatizado vai viabilizar a movimentação de cargas para o gerador e manter o sistema operando a plena carga, e o sistema de banco de baterias sempre carregado, como é previsto uma rotina para uso do sistema de iluminação de emergência, para que não ocorra a perda precoce de bateria por ociosidade, com linhas de acendimento bem definidas, diferentemente

das inúmeras fotocélulas instaladas na base das luminárias, que compõe o sistema atual, o que dificulta a manutenção, que para uma simples verificação é necessário uso de escada, muitas vezes que superam os dois metros, o que requer o uso de sintonia de segurança conforme a NR 33, o que demanda mais tempo para uma tarefa simples.

A principal dificuldade encontrada na elaboração do projeto, está na falta de empresas que fornecem serviços de medição, no caso a vazão da tubulação de retorno de água industrial, caso fosse utilizado o aparelho de vazão ultrassônico, a vazão seria estimada apenas com o erro do aparelho, isso pode ser levado em consideração para próximos projetos, essa dificuldade surge por ser uma instalação sem um projeto assinado por um engenheiro mecânico, o que dificulta uma estimativa mais precisa, com auxílio do fabricante das bombas, foi possível estimar sem maiores problemas.

Espera-se que este trabalho sirva como base de inspiração para novos projetos, que demais acadêmicos possam aproveitar a ideia de reaproveitar sistemas, e não parem de buscar soluções e melhorias mesmo que enfrentem problemas de áreas diferentes as quais estão estudando.

## REFERÊNCIAS

SILVEIRA, Paulo R. da; Santos, Winderson E. **AUTOMAÇÃO E CONTROLE DISCRETO**. 9 ed. São Paulo, Editora Érica, 2014.

NATALE, Ferdinando. **AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**. 10 ed. rev. São Paulo, Editora Érica, 2008.

SILVA, Mauri Luiz da. **Luz, Lâmpada & Iluminação**. 4. ed. rev. Rio de Janeiro, Editora Ciência Moderna Ltda, 2014.

SILVA, Mauri Luiz da. **Iluminação – Simplificando o Projeto**. Rio de Janeiro, Editora Ciência Moderna Ltda, 2009.

SILVA, Mauri Luiz da. **LED: a luz de novos projetos**. Rio de Janeiro, Editora Ciência Moderna Ltda, 2012.

GUERRINI, Délio Pereira. **Iluminação Teoria e Projeto**. 2. ed. São Paulo, Editora Érica, 2008.

MAGALDI, Miguel. **Noções de ELETROTÉCNICA**. 3. ed. Rio de Janeiro, Reper Editora, 1969.

SOUZA, Zulcy de. **Centrais hidrelétricas: Dimensionamento de componentes**. São Paulo, Editora Edgard Blucher, 1992.

HINRICHS, Roger A; KLEINBACH, Merlin; REIS, Lineu Belico dos. **Energia e meio ambiente**. Tradução, prefácio e notas de Lineu Belico dos Reis; Flávio Maron Vichi; Leonardo Freire de Melo. – São Paulo: Cengage Learning, 2014.

SLACK, Niguel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. 3. ed. São Paulo, Editora Atlas, 2009.

Copel, PDF – Fator de potência: Como transformá-lo em um fator de economia.

Disponível em:

<[http://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/fator\\_de\\_potencia/\\$FILE/fator\\_potencia.pdf](http://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/fator_de_potencia/$FILE/fator_potencia.pdf)> Acesso em 17 de julho de 2015.

WEG, PDF DT-5 – Características e Especificações de geradores. Disponível em:

<<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-curso-dt-5-caracteristicas-e-especificacoes-de-geradores-artigo-tecnico-portugues-br.pdf>> Acesso em 20 de Fevereiro de 2016.

DIALux, Programa para projetos luminotécnicos. Disponível em:

<<https://www.dial.de/de/dialux/download/>> Acesso em 24 de Março de 2016.

Philips, Localizador de produtos. Disponível em:

<[http://www.lighting.philips.com.br/prof/lampadas#pfpath=0-EP01\\_GR](http://www.lighting.philips.com.br/prof/lampadas#pfpath=0-EP01_GR)> Acesso em 3 de Maio de 2016.

QElectroTech, Editor de esquemas elétricos. Disponível em:

<<http://www.te1.com.br/2011/02/download-qelectrotech-software-editor-para-criar-esquemas-eletricos-para-windows-e-linux/#axzz4AlVwKxZz>> Acesso em 10 de Maio de 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO/CIE 8995-1 – Iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, 2013. 46 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5461 – Iluminação. Rio de Janeiro, 1991. 90 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10898 – Sistema de iluminação de emergência. Rio de Janeiro, 2013. 38 p.

### APÊNDICE A

