



Universidade Federal de Santa Maria – UFSM
Educação a Distância da UFSM – EAD
Universidade Aberta do Brasil – UAB

**Curso de Pós-Graduação em Eficiência Energética Aplicada aos
Processos Produtivos**

Polo: Novo Hamburgo

**EFICIENTIZAÇÃO ENERGÉTICA DE UNIDADE OPERACIONAL DOS
CORREIOS**

SANTOS, Alexandre Bonatto dos¹

GRIGOLETTI, Giane de Campos²

RESUMO

Este trabalho apresenta solução relativa ao sistema de iluminação de unidade operacional da Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos, buscando torná-lo mais eficiente do ponto de vista energético e, simultaneamente, adequado às atividades desenvolvidas no local. Para isso, houve levantamento técnico das condições existentes e elaboração de projeto, por meio de simulação no *software DIALux evo*, capaz de proporcionar as características citadas. Por fim, é apresentado o estudo da viabilidade econômica da execução do projeto.

Palavras-chave: eficiência, energia, iluminação.

¹ Engenharia Elétrica. Universidade Luterana do Brasil, Canoas, RS

² Engenharia Civil. Professora Orientadora. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS

ABSTRACT

This work shows solution related to the lighting system of an operational unity of Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos, in order to make it more efficient in terms of energy and, simultaneously, appropriate to the activities wich are made in the place. So, there was technical survey of the existing conditions and a project improvement, by means of simulation in software DIALux evo, which is able to provide mentioned characteristics. At last, the study of the economic viability of project execution is presented.

1 INTRODUÇÃO

A Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos - ECT, identificada pela marca Correios, atua na prestação de serviços de tratamento e distribuição de correspondências e encomendas, sendo a empresa pública que detém a reserva de mercado nacional de cartas, telegramas e correspondências agrupadas. Presente em todos os municípios brasileiros, a empresa conta com mais de 125.000 funcionários (ECT, 2014).

A estrutura organizacional dos Correios encontra-se dividida em 27 diretorias regionais. A Diretoria Regional do Rio Grande do Sul, cuja abrangência coincide com o território do Estado, possui 498 agências comerciais próprias, 72 agências franqueadas, 73 centros de distribuição domiciliária, 11 centros de entrega de encomendas e dois centros de tratamento de cartas e encomendas (ECT, 2012), contando com mais de 8.600 empregados (ECT, 2014). As agências integram a área comercial da empresa, enquanto os centros de distribuição domiciliária (CDD) - onde são tratadas correspondências – os centros de entrega de encomendas (CEE) e os centros de tratamento de cargas e encomendas (CTCE) incluem-se na área operacional (ECT, 2012).

Os imóveis que abrigam CDDs, CEEs e CTCEs possuem ampla área construída, uma vez que se destinam a operações que envolvem objetos tratados em grande quantidade, mobiliário de grande volume e significativo número de empregados, além de equipamentos e veículos (ECT, 2008). Em que pese haver recomendações de que os projetos dos imóveis considerem a questão da eficiência energética (ECT,

2008), raras medidas são adotadas nesse sentido e, como veremos na unidade escolhida como objeto deste trabalho, os projetos são funcionais e empregam dispositivos convencionais.

O CDD Niterói, localizado em Canoas, na região metropolitana de Porto Alegre, será utilizado como objeto deste trabalho e se configura como um exemplar de típica unidade operacional dos Correios.

Como em toda edificação, parte do consumo de energia elétrica do CDD Niterói se deve à iluminação artificial utilizada. Assim, este projeto será dedicado a esclarecer:

a) se há, no CDD Niterói, potencial de melhor aproveitamento da iluminação natural;

b) quanto é possível obter, percentualmente, de otimização da eficiência energética relativa ao sistema de iluminação artificial do CDD Niterói, comparativamente ao sistema encontrado;

c) quanto, em termos financeiros, será necessário investir na adequação do sistema de iluminação do CDD Niterói e, a partir dos resultados teóricos, após quanto tempo haverá o equilíbrio financeiro, ou seja, qual o prazo para que se igualem o valor investido e o valor economizado com o consumo de energia elétrica.

Espera-se obter projeto que proporcione, se efetivamente executado, condições de iluminação adequadas ao que estabelece a norma técnica vigente para as tarefas que são desenvolvidas no CDD Niterói simultaneamente a ganho em termos de eficiência energética, isto é, que o sistema proposto ofereça melhor desempenho em termos de conforto e adequação associado a menor consumo de energia elétrica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Lamberts, Dutra e Pereira (2014) definem que a eficiência energética na arquitetura está diretamente ligada ao potencial da edificação em proporcionar, aos seus usuários, conforto térmico, visual e acústico. Portanto, afirmam, uma edificação será tão mais eficiente, do ponto de vista energético, quanto menor for o consumo de energia na obtenção das condições climáticas desejadas. Em termos de conforto visual, apontam que “a boa iluminação deve ter direcionamento adequado e

intensidade suficiente sobre o local de trabalho, bem como proporcionar boa definição de cores e ausência de ofuscamento” (p. 57). O conforto visual deve ser preferencialmente obtido por meio do aproveitamento da luz natural, em detrimento da artificial porque, além de gerar redução do consumo de energia elétrica, o contato visual com o exterior age como estímulo ambiental, em especial nos ambientes corporativos. A iluminação de tarefa é apresentada como um importante recurso para a complementação da iluminação natural e mesmo da iluminação artificial geral.

Alguns programas de análise da iluminação são apresentados por Lamberts, Dutra e Pereira (2014). Trata-se de valiosas ferramentas computacionais para a simulação das condições de iluminação natural e artificial. Dentre os softwares são citados o *Radiance*, o *Desktop Radiance*, o *Ecotect Analysis 2011*, o *Apolux*, o *TropLux*, o *Lux*, o *Relux* e o *DIALux*. Louçano (2009) cita também o *Adeline*, o *Daylight* e o *Lumen*.

No que diz respeito aos equipamentos de iluminação, Lamberts, Dutra e Pereira (2014) apresentam as características de diversos tipos de lâmpadas, como as incandescentes, as halógenas, as fluorescentes tubulares e compactas, as lâmpadas a vapor de mercúrio e os LEDs, além de explicitar um comparativo do desempenho destas em termos de rendimento cromático, eficiência luminosa, vida útil média, consumo energético e preço. São abordadas ainda as características das luminárias e dos reatores, elementos que terão grande contribuição em relação ao desempenho total do sistema de iluminação artificial.

A utilização de dispositivos eficientes do ponto de vista energético, no sistema de iluminação artificial, inclui-se entre as diretrizes ambientais para a sustentabilidade das edificações apresentadas por Vilhena (2007). O caso abordado refere-se às etapas de planejamento e projeto, além de estabelecer metas para as etapas de construção e operação de edificação residencial unifamiliar, com área construída de 400 m², no município de Lagoa Santa, MG. Foi previsto o emprego de sensores de presença nas áreas de circulação e células fotoelétricas nos acessos e jardins. O trabalho concluiu que a adoção das diretrizes apresentadas pode resultar em projetos de imóveis de maior sustentabilidade e cuja construção gere menor impacto ambiental.

A utilização de dispositivos eficientes no sistema de iluminação artificial, entre

outros, também foi abordada por Braga (2007). Entretanto, o tema foi tratado especialmente com enfoque na automação de sistemas a partir da avaliação da eficiência energética de edificação pública educacional, um dos prédios da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (EEUFMG). O trabalho traçou o perfil de consumo de energia elétrica no local e avaliou o potencial de redução do mesmo por meio do *retrofitting* de sistemas e do emprego da automação do controle destes.

No sistema de iluminação artificial de edificações públicas e comerciais, a automação do acionamento visa impor hábitos de consumo (BRAGA, 2007), na medida em que evita que a iluminação artificial seja utilizada em áreas desocupadas. O estudo apresenta a estimativa do potencial de redução do consumo a partir da utilização de sensores de presença em diversos ambientes da edificação (p. 25). A automação é empregada igualmente para o aproveitamento da luz natural, utilizando-se de célula fotoelétrica para monitorar a luminosidade solar e compará-la a valor de referência. O resultado obtido é utilizado para controlar reatores eletrônicos dimerizáveis e, assim, acionar a iluminação artificial quando, onde e na mínima proporção necessária (p. 27), ou seja, tornando-a um complemento da iluminação natural, o que é desejável.

Na avaliação do desempenho energético da edificação, considerando todos os sistemas envolvidos no consumo, Braga (2007) apresenta os Índices de Desempenho Energético, também chamado Indicadores do Uso de Energia ou Consumo Específico. Os índices permitem “analisar o consumo de uma determinada edificação, confrontando-os com os valores típicos obtidos em outras instalações, mesmo que estas se difiram na localização e no tamanho” (p. 76). Dentre os índices comumente utilizados, além dos especificamente relacionados aos sistemas de climatização, Braga (2007) apresenta as seguintes definições:

Fator de carga é a razão entre a demanda média durante um intervalo de tempo e a demanda máxima registrada no mesmo período. Quanto mais próximo da unidade, mais racional o uso da energia.

Consumo mensal de energia elétrica por área útil é a razão entre o consumo mensal total da edificação e sua área útil. É utilizado na comparação entre edificações com atividades semelhantes.

Consumo mensal em iluminação por área iluminada é a razão entre o

consumo mensal com a iluminação e a área útil iluminada. Utilizado na comparação com valores típicos obtidos para edificações com atividades semelhantes.

Potência instalada no sistema de iluminação por área iluminada é a razão entre a potência instalada no sistema de iluminação e a área útil iluminada. Permite avaliar o potencial de redução no consumo a partir da comparação com valores típicos obtidos para outras tecnologias de iluminação.

A partir do exposto, Braga (2007) propõe metodologia para promover a eficiência energética de edificações. Inicialmente, o método visa identificar (p. 84):

- equipamentos e sistemas instalados, além de seu estado de manutenção;
- comportamento característico dos usuários da instalação;
- distribuição da demanda e do consumo de energia por sistema;
- índices de desempenho energético de cada sistema;
- variáveis que influenciam no consumo da instalação.

Numa segunda etapa, o método consiste em propor (p. 84):

- modelo para representar o perfil de consumo da instalação;
- técnica para o monitoramento contínuo do consumo;
- substituição dos equipamentos e dispositivos ineficientes;
- automação dos principais sistemas consumidores.

O método foi empregado num dos prédios da EEUFMG e indicou que os procedimentos adotados no estudo apresentado por Braga (2007) os qualificam ao uso noutras edificações, visto que apresentam a estratégia da automação com efeito educador para a adoção de comportamentos que privilegiem o uso adequado dos sistemas consumidores e que, além desta, a estratégia do *retrofitting* dos sistemas responsáveis pela maior parte do consumo de energia elétrica é capaz de gerar redução nos gastos com tal insumo.

Especificamente para os prédios públicos, os procedimentos básicos para melhorias nos sistemas de iluminação artificial em projetos contemplados pelo PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica visam reduzir a potência instalada, mantendo-se a qualidade do sistema, por meio da substituição dos dispositivos por versões mais eficientes e com vida útil mais longa (PROCEL EPP, 2011). Estão assim resumidamente descritos:

- inspecionar o sistema de iluminação, identificando os dispositivos passíveis de substituição a fim de adequá-los aos padrões de eficiência energética e normas técnicas vigentes;
- verificar a conformidade dos dispositivos a serem instalados com as normas técnicas aplicáveis; e
- definir a substituição de lâmpadas e demais dispositivos, quantitativa e qualitativamente;

A avaliação da viabilidade econômica dos projetos que buscam maior eficiência energética nas edificações é abordada por Satyro (2013). Dentre os métodos existentes, é citado o cálculo do valor presente líquido, definido como a “soma algébrica de todos os fluxos de caixa descontados para o instante $T=0$ ” (p. 16). Também é citado o cálculo do tempo de retorno de capital, ou *payback*. Basicamente, calcula-se o tempo necessário para que se igualem o investimento e os benefícios econômicos obtidos. É tratada, ainda, a Relação de Benefício Custo (RBC), obtida entre o benefício anualizado e os custos anualizados. O benefício anualizado depende da vida útil de cada equipamento e da taxa de juros. O benefício anualizado é obtido por (SATYRO, 2013):

$$B = EE \cdot CEE + RDP \cdot CED$$

Onde:

EE = energia economizada [MWh/ano];

CEE = custo evitado de energia [R\$/MWh];

RDP = redução de demanda na ponta [kW];

CED = custo evitado de demanda [R\$/kW].

Para o estudo de caso apresentado por Satyro (2013), um prédio comercial, houve duas propostas de melhoria no sistema de iluminação artificial, para as quais se avaliou a atratividade. A primeira proposta resultou em *payback* de 0,44 anos e RBC = 2,29. A segunda proposta obteve *payback* de 7,39 anos e RBC = 0,14. O estudo concluiu que, em que pese a proposta 2 resultar em redução do consumo de energia elétrica em 47,65 % contra uma redução de 28,35 % da proposta 1, o elevado *payback* e o baixo valor de RBC da segunda proposta a tornam menos

atrativa do ponto de vista econômico.

Louçano (2009) expõe, dentre os métodos de iluminação de ambientes de uma edificação, a iluminação geral localizada, consistindo esta na obtenção de níveis de iluminação relativamente baixos para a superfície do local e de níveis adequados às atividades que serão realizadas nas superfícies de trabalho, mediante a utilização de iluminação localizada.

Numa condição ideal, a iluminação artificial deve apenas complementar a iluminação natural, se e quando necessário. Na maior parte dos casos, a iluminação natural é capaz de contribuir significativamente para a iluminância do ambiente (LOUÇANO, 2009). Existem diversos métodos e dispositivos de controle do sistema da iluminação artificial, os quais podem proporcionar a capacidade de utilizá-lo nas condições necessárias. Dentre eles, temos controles manuais (tipo liga/desliga), temporizadores (analógicos ou digitais), sensores crepusculares, sensores de presença e sensores de luz natural com saída proporcional (LOUÇANO, 2009). O trabalho apresenta estudo da eficiência do sistema de iluminação de dois dos prédios do *Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas – CIEMAT*, localizado em Madri.

Um dos prédios (edifício 70) é dotado de sistema de iluminação controlado automaticamente em função da luz natural existente no interior de edificação e da ocupação de cada ambiente. Todo o prédio é percorrido por barramento de dados, o que permite controlar as luminárias e monitorar constantemente o consumo de energia elétrica destinado à iluminação (LOUÇANO, 2009). O outro prédio estudado (edifício 42) teve seu sistema de iluminação projetado com o auxílio do *software DIALux*. Não há, entretanto, controle automatizado do sistema. A medição do nível de iluminância em vários gabinetes do edifício 42 mostrou que a iluminação artificial estava superdimensionada em todos os locais. Assim, Louçano (2009) apresentou duas soluções para tornar mais eficiente o sistema existente: a primeira delas consistia em substituir as lâmpadas por modelos mais eficientes e a segunda teve como enfoque o ajuste da iluminação artificial de acordo com a possibilidade de aproveitamento da luz natural. A solução que previa a substituição das lâmpadas se mostrou economicamente viável, mas tecnicamente aceitável apenas em nível parcial, visto que se perderia no índice de reprodução de cor ou na uniformidade da iluminação. A solução cujo foco foi direcionado ao ajuste automático da iluminação

artificial em função do nível da natural empregou o sistema *ActiLume* da *Philips*, capaz de controlar até onze reatores e composto por um sensor e um controlador. O aproveitamento significativo da luz natural fez que esta solução fosse, em nível teórico, capaz de gerar redução de até 71,3 % no consumo anual de energia elétrica com o sistema de iluminação.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Reduzir o consumo de energia elétrica associado ao sistema de iluminação artificial de uma unidade operacional dos Correios.

3.2 Objetivos específicos

Levantar e analisar a situação atual do sistema de iluminação e dos níveis de iluminância obtidos na Área de Triagem, na Expedição, no Setor de Ordenamento, no Setor de Registrados, na Sala da Supervisão, na Sala da Gerência, na Recepção, na Sala de Treinamento e na Área de Lazer da unidade escolhida.

Propor alterações no sistema de iluminação artificial existente, na intenção de torná-lo mais eficiente, garantindo-se iluminância adequada às atividades desenvolvidas na unidade e baixo consumo energético.

Comparar o custo com o consumo de energia elétrica e com a manutenção do sistema de iluminação existente com os custos de mesma natureza para o sistema de iluminação artificial proposto.

Determinar o prazo necessário para que ocorra o equilíbrio financeiro entre o valor investido na adequação do sistema de iluminação e o valor obtido com a redução do consumo de energia elétrica.

4 METODOLOGIA

Executar detalhado levantamento técnico da situação existente, compreendendo registro fotográfico e dimensional dos dispositivos existentes tais como luminárias, reatores e lâmpadas, bem como de seus modelos e estado atual de conservação, além dos níveis de iluminância de cada ambiente da edificação. Além da observação visual das características técnicas, serão empregadas trenas convencional e eletrônica (*laser*). A iluminância será verificada em cada posto de trabalho, sobre o plano onde é executado, como o uso de luxímetro digital fabricado pela Minipa, modelo MLM-1011. Haverá, ainda, medições em pontos localizados fora dos postos de trabalho e no entorno imediato destes, a fim de observar a uniformidade da iluminação existente. Os resultados das medições serão registrados sobre a planta baixa da edificação.

Calcular, com base no levantamento executado e no histórico do consumo total de energia elétrica da edificação, o consumo devido ao sistema de iluminação artificial. O cálculo se utilizará dos dados de potência elétrica dos dispositivos e da forma como são utilizados, isto é, por quanto tempo consomem energia elétrica de um dia típico de atividade da unidade e ao longo de um mês.

Com base no registro dos chamados de manutenção do sistema de iluminação gerados pelo gestor da unidade e nos respectivos custos das contratações, obtidos a partir das notas fiscais atestadas, determinar o custo mensal de manutenção do sistema.

Obter, com o emprego de *software* próprio para simulação como o *DIALux evo*, projeto de novo sistema de iluminação artificial que, comparado às condições atuais, proporcione melhor distribuição da iluminância no interior da edificação e menor consumo de energia elétrica.

Calcular o custo previsto para a manutenção do sistema projetado, com base no tempo de vida útil previsto pelos fabricantes dos componentes e no custo da mão de obra contratada, ou seja, a partir da vida útil média de lâmpadas e reatores, pode-se estimar quando será necessário substituí-los, o que permitirá calcular o custo com material e mão de obra.

Calcular o custo relativo ao consumo de energia elétrica do sistema projetado. Este cálculo terá início a partir da potência do novo sistema de iluminação e da forma como é utilizado o sistema existente. Assim, conhecendo-se o tempo de

utilização das cargas e seu consumo energético, pode-se estabelecer a demanda de energia elétrica. Utilizando-se o valor da tarifa atual, pode-se obter o custo com energia elétrica do novo sistema.

Calcular o prazo necessário para que ocorra o equilíbrio financeiro entre o valor investido na adequação do sistema de iluminação e o valor obtido com a redução do consumo de energia elétrica, considerando o custo de manutenção mensal de cada sistema. Com base no valor economizado a partir do menor consumo de energia elétrica do novo sistema de iluminação e do menor custo com sua manutenção, pode-se obter a estimativa da vantagem financeira mensal do novo sistema sobre o existente. Então, considerando-se o valor investido na implantação do sistema projetado, pode-se obter o prazo necessário para que ocorra o equilíbrio econômico entre o que foi investido e o que foi obtido com a efficientização.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Características do Imóvel

O CDD Niterói situa-se à Rua Marechal Rondon, 48, no Bairro Niterói, em Canoas, RS. O imóvel possui, como objeto deste trabalho, área de 507 m². Sua fachada frontal (figura 1) está voltada para o su-sudeste (SSE). O pé direito difere de uma área para outra: nas áreas de Treinamento e Lazer, mede 3,74 m; na área administrativa (Ordenamento, Registrados, Supervisão/Gerência, Recepção e Circulação), mede 3,14 m; na área de Triagem e na Garagem, não há forro. Assim, o pé direito acompanha a inclinação da cobertura: 4,10 m nas laterais e 5,30 m no topo.



Figura 1 – Fachada do CDD Niterói

A unidade opera de segunda-feira à sexta-feira, das 7 h às 17h30min, e aos sábados, das 8 h às 12 h. Vinte e nove pessoas trabalham no local, incluindo-se Gerente, Supervisor e Carteiros.

Quanto às refletâncias, o imóvel apresenta teto claro, paredes claras e piso escuro, em todos os ambientes.

5.2 Instalações Existentes

Todo o sistema de iluminação artificial existente utiliza luminárias com lâmpadas fluorescentes tubulares, distribuídas conforme apresentado em planta baixa (Apêndice 1). Na área administrativa, as luminárias encontram-se diretamente fixadas ao forro, a 3,14 m do piso (figuras 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8). Nas áreas de Treinamento e Lazer, os dispositivos estão igualmente fixados ao forro, a 3,74 m do piso (figura 9). Na área de Triagem, as luminárias encontram-se suspensas por cabos de aço, em dois planos: a 3,58 m do piso e a 2,70 m do piso sobre o plano de trabalho das mesas de triagem (figuras 10, 11, 12, 13 e 14). Importante salientar que esta técnica é empregada na totalidade dos Centros de Distribuição Domiciliária, em atendimento ao respectivo guia para projetos (ECT, 2008). Na Garagem, as luminárias também são suspensas por cabos de aço, a 3,58 m do piso (figura 15).



Figura 2 – Sala de Ordenamento



Figura 3 – Sala de Registrados



Figura 4 – Sala de Registrados



Figura 5 - Recepção



Figura 6 – Forro da Sala de Registrados



Figura 7 – Supervisão/Gerência



Figura 8 - Circulação



Figura 9 – Área de Lazer



Figura 10 – Área de Triagem



Figura 11 – Área de Triagem



Figura 12 – Área de Triagem



Figura 13 – Área de Triagem



Figura 14 – Área de Triagem



Figura 15 - Garagem

Os dispositivos existentes são os seguintes:

- Luminárias de chapa de aço com pintura na cor branca, sem refletores, sem aletas. Há modelos com fechamento lateral na área de Triagem e na Garagem (figura 16) e modelos sem fechamento, na área administrativa (figura 17).



Figura 16 – Luminária com fechamento lateral



Figura 17 – Luminária sem fechamento lateral

- Reatores eletrônicos com partida instantânea, fabricados pela ECP, empregados conforme tabela 1, na qual constam as especificações técnicas de cada modelo. O reator utilizado nas luminárias com duas lâmpadas fluorescentes de 110 W, em maior número, pode ser visto na figura 18.

Tabela 1 – Especificações técnicas dos reatores existentes no CDD Niterói

Parâmetro	Modelo		
	AF Nano	AF Uno System	HTD
Aplicação existente	2 x 20 W	2 x 40 W	2 x 110 W
Vida útil média (h)	25000	25000	25000
Tensão (V)	127	127	127
Potência total (W)	38	72	200
Corrente total (A)	0,3	0,58	1,7
Fator de potência	0,99	0,98	0,99
Fator de fluxo luminoso	0,90	0,90	0,90
Fator de eficácia	2,43	1,28	0,44
Distorção harmônica total (%)	10	10	10

Fontes: Levantamento *in loco*, (ECP, 2014).

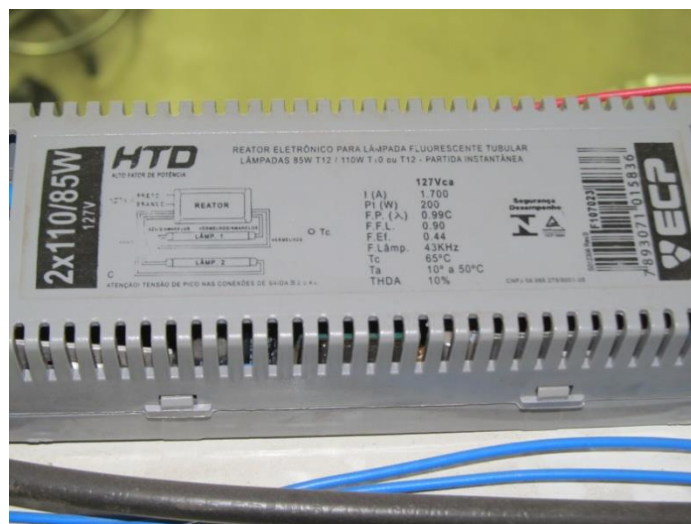


Figura 18 – Reator eletrônico para duas lâmpadas fluorescentes de 110 W

- Lâmpadas fluorescentes tubulares, fabricadas pela Philips, empregadas conforme tabela 2, na qual constam as especificações técnicas de cada modelo. A lâmpada fluorescente tubular de 110 W presente em maior número no local pode ser vista na figura 19.

Tabela 2 – Especificações técnicas das lâmpadas existentes no CDD Niterói

Parâmetro	Modelo		
	20 W Extra Luz do Dia	40 W Extra Luz do Dia	TL 110 W/75 RS
Aplicação existente	2 x 20 W	2 x 40 W	2 x 110 W
Vida útil média (h)	7500	7500	7500
Temperatura de cor (K)	5000	5000	5000
Índice de Reprodução de Cor	70	70	70
Fluxo luminoso (lm)	1100	2600	7600

Fontes: Levantamento *in loco*, (PHILIPS, 2014).

Obs.: Uma única luminária, localizada na Sala de Registrados, encontrava-se, na execução do levantamento, equipada com lâmpadas (110 W) cuja temperatura de cor é inferior às demais (luz amarela). Pode-se observar o descrito na figura 6 (luminária indicada por seta vermelha).



Figura 19 – Lâmpada utilizada no CDD Niterói

- Os interruptores encontram-se distribuídos conforme indica a tabela 3.

Tabela 3 – Interruptores do sistema de iluminação do CDD Niterói

Ambiente	Distribuição
Lazer	1 interruptor por luminária
Treinamento	1 interruptor por luminária
	1 interruptor para 6 luminárias
Triagem	1 interruptor para 6 luminárias
	1 interruptor para 7 luminárias
	3 luminárias com interruptor individual
Garagem	1 interruptor por luminária
Circulação	1 interruptor por luminária
Ordenamento	1 interruptor por luminária
Registrados	1 interruptor para 3 luminárias
Recepção	1 interruptor por luminária
Sala Técnica	1 interruptor por luminária
Supervisão/Gerência	1 interruptor por luminária

Fonte: Levantamento *in loco*.

Obs.: O levantamento técnico, executado em duas etapas, permitiu observar que, de modo geral, não há o hábito de desligar o sistema de iluminação do ambiente ou da área na qual não haja atividade. Na área de triagem, por exemplo,

onde está a maioria das luminárias, a iluminação permaneceu ligada integralmente, durante toda a duração do levantamento, mesmo após o deslocamento dos carteiros para as atividades externas, quando o ambiente estava completamente desocupado.

5.3 Desempenho da Iluminação Existente

Durante o levantamento técnico, foi medida a iluminância em todos os postos de trabalho, sobre o plano destes. Além disso, houve medições em pontos localizados fora dos postos de trabalho, à mesma altura, isto é, a 80 cm do piso. A planta baixa do CDD Niterói, apresentada no Apêndice 1, demonstra a localização dos pontos de medição. A tabela 4 explicita o resultado das medições, executadas com luxímetro digital fabricado pela Minipa, modelo MLM-1011.

Tabela 4 – Iluminâncias medidas no local

Ponto	Iluminância (lux)	Ponto	Iluminância (lux)
M1	571	M13	647
M2	482	M14	643
M3	489	M15	729
M4	547	M16	711
M5	537	M17	726
M6	497	M18	715
M7	522	M19	718
M8	594	M20	702
M9	600	M21	703
M10	601	M22	669
M11	601	M23	535
M12	633	M24	326

Tabela 4 – Iluminâncias medidas no local (continuação)

Ponto	Iluminância (lux)	Ponto	Iluminância (lux)
M25	337	M39	245
M26	586	M40	201
M27	363	M41	145
M28	243	M42	148
M29	392	M43	149
M30	311	M44	588
M31	265	M45	421
M32	137	M46	333
M33	154	M47	461
M34	544	M48	698
M35	445	M49	1327
M36	486	M50	676
M37	187	M51	778
M38	231		

Fonte: Medições *in loco*.

Obs.: No ponto M31, a medição foi prejudicada porque a luminária mais próxima encontrava-se temporariamente inoperante. No ponto M49, a medição sofreu influência da intensa iluminação natural existente. Importante observar que o ponto localiza-se próximo a janela e que a medição foi executada em dia ensolarado, às 10h30min. Noutros ambientes, como a área de Triagem e a área de Treinamento, onde há aberturas que recebem boa incidência solar, a contribuição da iluminação natural pode ser desprezada, já que as persianas são mantidas fechadas em tempo integral.

Avaliado o sistema de iluminação existente em termos de atendimento à NBR 8995-1, observa-se:

- Na área de triagem, onde a iluminância média sobre a área de tarefa deve ser de 500 lux (ABNT, 2013), as medições indicam que há, em média, nível adequado. Entretanto, o fato de haver luminárias dispostas diretamente sobre os planos de trabalho tornam impraticável alterar o *layout* do local de forma rápida, já que reposicionar as mesas de triagem, as afastaria dos locais onde há iluminância em nível adequado. Medições executadas no entorno imediato também indicaram haver iluminância adequada, ou seja, superior a 300 lux (ABNT, 2013). O mesmo se observa no setor de Ordenamento.
- Na Sala de Registrados, onde a iluminância média sobre a área de tarefa igualmente deveria ser de 500 lux, observou-se (pontos M37 a M41) que as medições apontaram que a iluminação é insuficiente para as atividades que ali se desenvolvem, as quais incluem ler, escrever e teclar. O mesmo ocorre, de forma menos intensa, na Supervisão/Gerência.
- Na área de Lazer e na área de Treinamento, a iluminância atinge níveis superiores aos 200 lux e 500 lux, respectivamente necessários. O mesmo ocorre na Recepção, onde seriam necessários 300 lux (ABNT, 2013).
- Na Circulação e na Garagem, o iluminamento é adequado aos 100 lux e 75 lux, respectivamente necessários (ABNT, 2013).
- Não há, no sistema existente, elementos que indiquem que o projeto avaliou o índice de reprodução de cores, a homogeneidade da iluminação e a possibilidade de ofuscamento.

5.4 Consumo Energético Atual

O CDD Niterói está cadastrado pela concessionária AES Sul Distribuidora Gaúcha de Energia S. A. na classe *comercial, serviços e outras*. A tarifa é do tipo *BT demais classes*. O fornecimento é trifásico, com tensão nominal de 127 V.

A tabela 5 apresenta os dados relativos ao consumo de energia elétrica da unidade nos últimos treze meses e a figura 20 apresenta o consumo nos últimos doze meses, na forma de gráfico.

Tabela 5 – Histórico do consumo de energia elétrica da unidade

Mês/Ano	Consumo (kWh)	Valor (R\$)
Outubro/2014	2925	1.392,52
Setembro/2014	2435	1.153,42
Agosto/2014	2141	1.011,76
Julho/2014	2300	1.095,16
Junho/2014	2517	1.158,60
Mai/2014	3113	1.343,32
Abril/2014	5467	1.841,94
Março/2014	5507	1.855,11
Fevereiro/2014	7602	2.661,42
Janeiro/2014	6188	2.153,48
Dezembro/2013	4095	1.447,43
Novembro/2013	3405	1.232,62
Outubro/2013	3492	1.257,04

Fonte: AES Sul

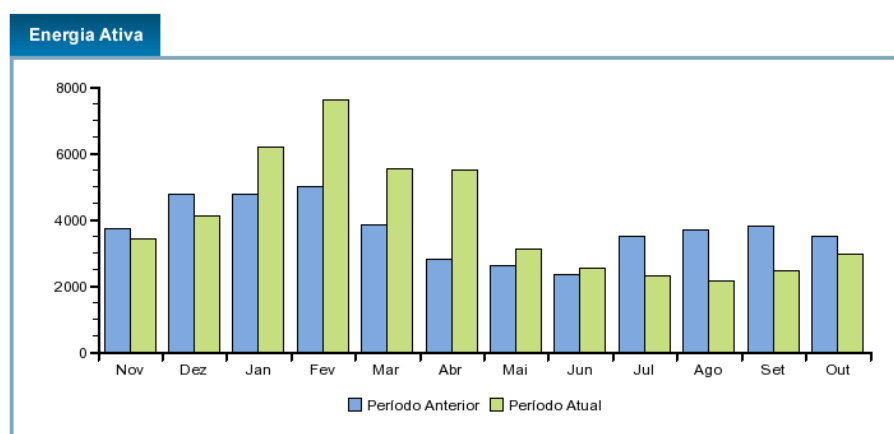


Figura 20 – Histórico do consumo de energia elétrica da unidade

Observa-se com clareza o maior consumo de energia nos meses nos quais ocorrem temperaturas mais altas e que, portanto, se faz uso da climatização artificial (três condicionadores de ar tipo *split* de 60.000 BTU/h e um tipo *split* de 30.000 BTU/h). Importante observar que a leitura do medidor ocorre sempre próxima ao meio do mês, como se vê na figura 21. Assim, o consumo parcial de um mês como março, por exemplo, no qual é comum haver dias com temperaturas altas, será observado na fatura do mês de abril, o que justifica que o consumo ocorrido neste mês, visto no gráfico da figura 20, seja quase tão grande quanto o do mês anterior.

DADOS DA UNIDADE CONSUMIDORA			
EMPRESA BRASILEIRA DE CORREIOS E TELEG			
R. MAL RONDON 48			
CANOAS			
CNPJ/CPF:	34.028.316/0001-03	Inscrição Estadual:	
Classe:	Comercial, Serviços e Outras	Tarifa:	BT Dem. Classes baixa tensao
Nº de fases:	TRIFASICO	Tensão Nominal:	127 Volts
Limites Adequados:	116 a 133 Volts		
DADOS DE LEITURA E FATURAMENTO			
FATURAMENTO	EMIÇÃO	APRESENTAÇÃO	
10/2014	14/10/2014	31/12/2999	
ANTERIOR	ATUAL	PRÓXIMA	
12/09/2014	14/10/2014	13/11/2014	
FATOR MULTIPLICADOR: 1,0		FATOR POTÊNCIA:	
MEDIDOR	ANTERIOR	ATUAL	CONSUMO
4525697	23982	26907	2925 kWh

Figura 21 – Dados da unidade consumidora, leitura e faturamento

Com base na potência dos reatores existentes e na informação relativa ao tempo de utilização diária, semanal e mensal da iluminação em cada ambiente, obtida a partir de entrevista com o Supervisor da unidade, calculamos o consumo médio mensal de energia elétrica referente ao sistema de iluminação existente no imóvel. Trata-se de uma aproximação, de fato, visto que há variação nos tempos de utilização do sistema. A tabela 6 apresenta os resultados, por ambiente.

Tabela 6 – Consumo mensal médio do sistema de iluminação

Ambiente	Consumo médio (kWh/mês)
Lazer	38,4
Treinamento	3,6
Triagem	1027,2
Garagem	42,8
Circulação	16,3
Ordenamento	8,8
Registrados	101
Recepção	35,2
Sala Técnica	-
Supervisão/Gerência	39,6
Total	1312,9

Fonte: (ECP, 2014), entrevista com Supervisor.

Obs.: O consumo referente à Sala Técnica foi desprezado, para efeito de cálculo, já que a utilização da iluminação neste ambiente é breve e esporádica. Não foi incluído na tabela 6 o consumo referente a áreas que não integram o objeto de estudo deste trabalho: sanitários/vestiários, almoxarifado, depósito de material de limpeza e sanitário para portadores de necessidades especiais (PNE).

O consumo médio mensal do sistema de iluminação, considerando apenas a área objeto deste trabalho, é de 1.312,9 kWh, o que representa, em termos econômicos para os valores atuais da tarifa cobrada pela concessionária (R\$ 0,368110/kWh), R\$ 606,69, considerada a cobrança de ICMS (alíquota de 25 %) e abatida a retenção tributária federal (5,85 %), conforme fatura atual da unidade, vista na figura 22. Considerada a taxa de iluminação pública, cujo valor depende das dimensões do imóvel, o valor total da fatura seria de R\$ 647,57, representando 46,5 % do valor total da fatura mais recente.

DESCRIÇÃO DE FATURAMENTO			
DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	TARIFA (sem ICMS)	VALOR (R\$)
Consumo	2925	0,368110	1.076,72
Total dos conceitos de energia			1.076,72
ICMS			358,90
Ilum. Públ. Prefeitura Municipal			40,88
Retenção Trib Fed Lei 9.430/96 - 5,85%			-83,98
TOTAL			1.392,52

Figura 22 – Descrição do faturamento – Outubro 2014

O histórico do consumo de energia elétrica do CDD Niterói nos últimos treze meses (tabela 5), estabelece consumo total médio de 3.937,46 kWh/mês. Então, o consumo médio mensal de energia elétrica referente ao sistema de iluminação artificial nos ambientes que integram o objeto de estudo, calculado em 1.312,9 kWh/mês, representa exato um terço do consumo total médio da unidade. Ainda que muito significativo, não atinge, neste caso em específico, os 44 % citados por Marques (2006) para as edificações do setor comercial e de serviços públicos.

O restante do consumo se deve a outras cargas, listadas a seguir:

- 3 condicionadores de ar tipo *split* de 60.000 BTU/h;
- 1 condicionador de ar tipo *split* de 30.000 BTU/h;
- 2 refrigeradores;
- 1 forno de microondas;
- 2 televisores TRC;
- 1 cafeteira elétrica;
- 1 sanduicheira;
- 4 chuveiros elétricos;
- 1 motor elétrico de acionamento do portão;
- 4 luminárias de emergência;
- 4 ventiladores elétricos;
- 1 equipamento de som tipo *mini-system*;
- 5 microcomputadores;
- 2 impressoras laser;
- 1 *rack* de telecomunicações (com *switch*, ventilador, *modem*, etc.).

5.5 Custo de Manutenção Atual

O custo de manutenção atual foi obtido a partir de consulta ao Portal de Serviços dos Correios, cujas telas são apresentadas nas figuras 23 e 24. Trata-se de sistema acessível a partir da *Intranet* da empresa, por meio do qual é possível à empresa pública, na modalidade de contratação direta, obter serviços e materiais classificados como pequenas despesas, dentro dos limites de prazo e valores estabelecidos pela lei vigente. A consulta teve sua abrangência nos últimos vinte e dois meses, ou seja, de 1.º de janeiro de 2013 a 31 de outubro de 2014. Os eventos de manutenção e os respectivos valores envolvidos são vistos na tabela 7. O custo com material envolve lâmpadas, reatores, conectores, interruptores, etc..

Tabela 7 – Eventos de manutenção do sistema de iluminação

Período	Natureza	Custo (R\$)
Fevereiro de 2013	Material	374,00
	Mão de obra	400,00
Setembro de 2013	Material	431,00
	Mão de obra	350,00
Dezembro de 2013	Material	411,00
	Mão de obra	350,00
Fevereiro de 2014	Material	369,00
	Mão de obra	250,00
Julho de 2014	Material	586,00
	Mão de obra	450,00
Outubro de 2014	Material	654,00
	Mão de obra	450,00
	Total material	2.825,00
	Total mão de obra	2.300,00
	Custo total	5.125,00

Fonte: Portal de Serviços dos Correios.

Os valores obtidos do Portal de Serviços estabelecem custo de manutenção do sistema de iluminação em R\$ 232,95/mês ou R\$ 2.795,40/ano. Parte dos valores atribuídos à mão de obra incorpora o custo da utilização de andaime na

manutenção, visto que algumas luminárias encontram-se instaladas a mais de 3,5 m do piso.

Correios
Sexta-Feira
31 de Outubro de 2014
CORREIOSNET08915215
Grupo(s): APROVADOR
GESTOR
GESTOR DE AREA
IMPRESSOR

» Início Sistema
» Consulta
» Pequenas Despesas
» Portarias
» Ajuda

PORTAL DE SERVIÇOS CORPORATIVO - Gestão
Início do Sistema » Consulta » Consulta Avançada

[Voltar](#)

Solicitação: 67109/2014

Nome:	
Órgão Beneficiário:	00020812 - CDD NITEROI (CANOAS)
Telefone:	(51) 34752300

Data da Solicitação:	18/02/2014 - 15:19
Data Prevista Entrega/Execução:	15/03/2014
Data do Andamento:	20/02/2014 - 23:35
Serviço:	PD - Conservação de Imóveis
Item Solicitado	MANUTENÇÃO E MATERIAIS - REPARO EM IMÓVEIS
Centro de atendimento:	CARS CONSERVAÇÃO DE IMOVEIS
Status da Solicitação:	Finalizado
CNPJ do Fornecedor:	
Nome do Fornecedor:	
Razão Social:	
Código no ERP (AN8):	
Descrição:	AQUISIÇÃO DE 6 LÂMPADAS FLUORESCENTES 110W R\$114,00 3 REATORES HO 2X110X220V R\$255,00. QUANTIDADE: 1 VALOR R\$ 369,00
Nº chamado SD:	SD02159118
Quantidade:	1,000
Valor Total Previsto:	369,00
Justificativa:	
Item (ERP)	707006899 - MATERIAL REFORM BENS-PQ COMPRA
Conta orçamentaria / Valor:	64011.44402.030001 - MATERIAL DE CONSUMO - VITEC / R\$ 369,00

Figura 23 – Portal de Serviços dos Correios – Aquisição de material

Correios
Sexta-Feira
31 de Outubro de 2014
CORREIOSNET08915215
Grupo(s): APROVADOR
GESTOR
GESTOR DE AREA
IMPRESSOR

» Início Sistema
» Consulta
» Pequenas Despesas
» Portarias
» Ajuda

PORTAL DE SERVIÇOS CORPORATIVO - Gestão
Início do Sistema » Consulta » Consulta Avançada

[Voltar](#)

Solicitação: 67129/2014

Nome:	
Órgão Beneficiário:	00020812 - CDD NITEROI (CANOAS)
Telefone:	(51) 34752300

Data da Solicitação:	18/02/2014 - 15:22
Data Prevista Entrega/Execução:	18/02/2014
Data do Andamento:	20/02/2014 - 23:35
Serviço:	PD - Conservação de Imóveis
Item Solicitado	MANUTENÇÃO E MATERIAIS - REPARO EM IMÓVEIS
Centro de atendimento:	CARS CONSERVAÇÃO DE IMOVEIS
Status da Solicitação:	Finalizado
CNPJ do Fornecedor:	
Nome do Fornecedor:	
Razão Social:	
Código no ERP (AN8):	
Descrição:	SERVIÇOS PARA SUBSTITUIR 6 LÂMPADAS E 3 REATORES QUANTIDADE: 1 VALOR R\$ 250,00
Nº chamado SD:	SD02159118
Quantidade:	1,000
Valor Total Previsto:	250,00
Justificativa:	
Item (ERP)	00280015M - MANUT PREDIAL - DIVERSOS
Conta orçamentaria / Valor:	64011.44403.050004 - REPAROS EM IMOVEIS PES.JUR / R\$ 250,00

Figura 24 – Portal de Serviços dos Correios – Contratação de serviços

5.6 Aproveitamento da Luz Natural

Como se observa na planta baixa do imóvel (Apêndice 1), no que se refere à área objeto de estudo deste trabalho, há incidência solar direta na fachada frontal do imóvel, na fachada leste (área de triagem e área de lazer) e na fachada posterior (área de lazer e área de treinamento). Na prática, atualmente, pouco se aproveita da luz natural, visto que as janelas são dotadas de persianas verticais, mantidas

fechadas em tempo integral. A exceção é a área envidraçada existente na porta da fachada posterior, na área de Lazer. Nesta, não há persiana e a incidência de luz natural é significativa na iluminação do ambiente, como foi possível comprovar por meio de medição (ponto M49, na tabela 4).

Sem qualquer adaptação no imóvel, a luz natural poderia ser aproveitada a partir do hábito de abrir as persianas sempre que a incidência solar não gerasse inconvenientes como ofuscamento, aquecimento indesejado de superfícies ou aquecimento indesejado do ambiente, situação na qual a eventual economia energética obtida com o uso da luz natural seria insuficiente para compensar o prejuízo gerado pelo aumento do consumo de energia elétrica para a climatização do ambiente. Os maiores benefícios se dariam, quando possível empregar a iluminação natural, na área de Triagem, uma vez que a área de aberturas é maior e poderiam ser desligadas pelo menos as luminárias mais próximas às janelas. Entretanto, isto implicaria alterar a disposição das mesas de triagem, já que atualmente sua face posterior está voltada para as aberturas, gerando sombreamento da área de tarefa.

Dispositivos que proporcionassem melhor aproveitamento da luz natural, tais como elementos de cobertura zenital ou prateleiras de luz (*lightselves*), por exemplo, poderiam ser empregados. Entretanto, implicariam em adaptações arquitetônicas no imóvel e, sendo este locado pelos Correios, não há interesse do proprietário em executá-las, bem como não é possível que os Correios as executem, pois se configuraria a utilização de verba da Administração Pública na contratação de serviços de adequação de caráter permanente em imóvel privado. Assim, é inviável utilizar os dispositivos citados no imóvel em questão.

5.7 Ferramenta de Projeto

Para a elaboração de projeto de sistema de iluminação que substitua o existente, proporcionando adequação à norma técnica NBR ISSO/CIE 8995-1, conforto visual, condições para maior produtividade e menor consumo energético, foi utilizado o *software DIALux evo*, na sua versão 5.3. Esta ferramenta permite importar arquivo com a planta baixa do imóvel elaborada em *AutoCAD* (extensão *dwg*). O arquivo é então utilizado para criar a representação do imóvel em três dimensões (3D). A partir disso, deve-se definir a área correspondente a cada ambiente do

interior da edificação e, então, inserir o detalhamento das características do imóvel, tais como aberturas (dimensões e posicionamento de portas e janelas), altura das paredes, telhado (forma e dimensões), pé direito e índices de refletância, do piso, paredes e teto. É necessário também atribuir os parâmetros relativos à utilização da edificação tais como a natureza das atividades desenvolvidas em cada ambiente e a altura do plano de trabalho. Importante citar que a iluminância, o índice de ofuscamento e o índice de reprodução de cor admitidos pelo *software* para cada atividade especificada estão rigorosamente em acordo com a norma vigente (ABNT, 2013). Entretanto, é permitido ao projetista alterar os índices, se desejar.

A próxima etapa consiste na definição das luminárias e lâmpadas que se quer utilizar no projeto. Para isso, o programa direciona o usuário a área de catálogos dos fabricantes, a partir dos quais, escolhidas as luminárias, é possível obter o arquivo que será utilizado pelo *DIALux evo* para simular a operação do sistema de iluminação projetado. O projetista deverá pesquisar as lâmpadas que sejam adequadas às luminárias escolhidas e que ofereçam o desempenho apropriado ao sistema que se projeta. Deve, então, inserir os dados relativos ao fluxo luminoso e à temperatura de cor correlata de cada modelo de lâmpada empregado.

O projeto prossegue com a distribuição das luminárias, para cada ambiente. O programa pode executá-la automaticamente e o projetista pode distribuí-las como desejar. Para o presente projeto, a opção se deu pela distribuição automática, a qual foi posteriormente alterada, de forma pontual, com o objetivo de tornar o projeto ainda mais adequado às condições existentes.

Por fim, avalia-se o desempenho do sistema projetado. A avaliação se dá visualmente, já que ocorre a simulação da operação do sistema, e numericamente, pois o software apresenta, para cada ambiente, a iluminância obtida (valor médio, valor mínimo, valor máximo, relação mínimo/médio e relação mínimo/máximo).

Concluído o projeto, o usuário tem acesso à documentação gerada para cada ambiente, a qual inclui a representação gráfica da distribuição da iluminância, a relação das luminárias empregadas e os valores numéricos de iluminância (média, mínima, máxima, relação mínima/média e relação mínima/máxima).

O *DIALux evo* permite ainda que o usuário torne cada ambiente do imóvel mais próximo da condição real, possibilitando a inserção do mobiliário, plantas, pessoas, etc..

5.8 Projeto de Novo Sistema de Iluminação

A partir da importação, para o *DIALux evo*, do arquivo com a planta baixa do CDD Niterói, elaborado no *AutoCAD* e utilizado para registrar os dados do levantamento técnico vistos no Apêndice 1, foram definidos e identificados os ambientes objeto do estudo, para as quais seria elaborado o projeto: recepção, registrados, ordenamento, sala técnica, supervisão/gerência, circulação, triagem, garagem, treinamento e lazer. As áreas não demarcadas são vistas, no projeto, como blocos sólidos. Também foram inseridos os dados referentes à altura das paredes, telhado, altura do forro onde existente, dimensões e posicionamento de portas e janelas. Os índices de refletância considerados foram: 20 % para o piso, 50 % para as paredes e 70 % para o teto, em todos os ambientes. Posteriormente, foi atribuída a utilização dada a cada ambiente, isto é, a natureza das atividades que ali se desenvolvem, de forma que restaram definidos os parâmetros indicados na tabela 8.

Tabela 8 – Principais parâmetros de projeto

Ambiente	Iluminância na área de tarefa (lux)	Iluminância no entorno (lux)	Índice de Ofuscamento
Recepção	300	200	22
Registrados	500	300	19
Ordenamento	500	300	19
Sala Técnica	500	300	19
Supervisão/Gerência	500	300	19
Circulação	100	100	19
Garagem	75	75	28
Triagem	500	300	19
Treinamento	500	300	19
Lazer	200	200	22

Fonte: *DIALux evo*

Exceto pelo Garagem, cujo índice de reprodução de cores (IRC) pode limitar-se a 40, em todos os demais ambientes o IRC deve ser de 80.

A escolha das luminárias e lâmpadas do projeto buscou conciliar o desempenho desejado, em termos de iluminância, ofuscamento e IRC com a praticidade da manutenção. Há, certamente, modelos que apresentam desempenho superior, mas para os quais haveria dificuldade de aquisição do dispositivo, total ou parcialmente. Além disso, pelo mesmo motivo, não foram utilizados vários modelos

diferentes. Isto geraria a necessidade de manter itens de reposição para todos os modelos, o que tornaria a manutenção mais complexa e dispendiosa. Optou-se, então, por dois modelos de luminárias fabricadas pela Lumicenter, empresa sediada em São José dos Pinhais, PR. Para as áreas maiores, como a Triagem e a Garagem, a escolha se deu pela FHB02-S254, dispositivo que abriga duas lâmpadas fluorescentes tubulares T5 de 54 W. Para as demais áreas, a escolha foi a FAA02-S228, dotada de duas lâmpadas fluorescentes tubulares T5 de 28 W, a qual pode ser vista na figura 25. Trata-se de equipamento de uso comercial, de sobrepor, fabricado em chapa de aço, com pintura na cor branca, refletor e aletas parabólicos em alumínio anodizado com 99,85 % de pureza, medindo 24 cm de largura, 1,19 m de comprimento e 4,1 cm de altura. Possui fator de eficiência (*light output ratio*) de 77 %.

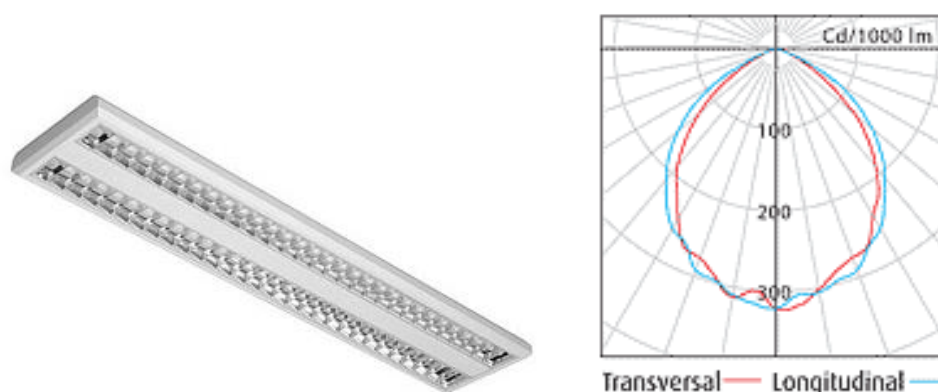


Figura 25 – Luminária FAA02-S228 – Aspecto e distribuição luminosa
(Fonte: <http://www.lumicenteriluminacao.com.br>)

A luminária FHB02-S254 é apresentada na figura 26. Trata-se de equipamento de uso comercial, de sobrepor, fabricado em chapa de aço, com pintura na cor branca, refletor facetado em alumínio com 99,98 % de pureza, medindo 20,5 cm de largura, 2,507 m de comprimento e 4,2 cm de altura. Possui fator de eficiência (*light output ratio*) de 94 %. Como diferencial, possui sistema de troca de calor que contribui para manter as lâmpadas na temperatura onde obtêm maior rendimento.

Para as luminárias FAA02-S228, optou-se pelas lâmpadas TL5 Essential Super 80 28W/840 1SL, fabricada pela Philips, cuja vida útil média é de 20.000 h. Trata-se de lâmpada que produz luz branca fria, com temperatura de cor de 4000 K.

Seu fluxo luminoso, a 25 °C, é de 2600 lm, o que representa eficiência luminosa de 94 lm/W. Possui IRC nominal de 82. Para as luminárias FHB02-S254, a opção foi pelas lâmpadas Master TL5 HO 54W/840 UNP, também fabricada pela Philips. Sua vida útil média é de 30.000 h. Produz luz branca fria, com temperatura de cor de 4000 k. O fluxo luminoso, a 25 °C, é de 4450 lm, correspondendo à eficiência luminosa de 82 lm/W. Seu IRC nominal é de 85.

As luminárias FAA02-S228 serão equipadas como reatores LEM.228CCI e as luminárias FHB02-S254 utilizarão reatores LEB.254ML, ambos modelos fabricados pela Lumicenter. A tabela 9 apresenta as características técnicas dos reatores.

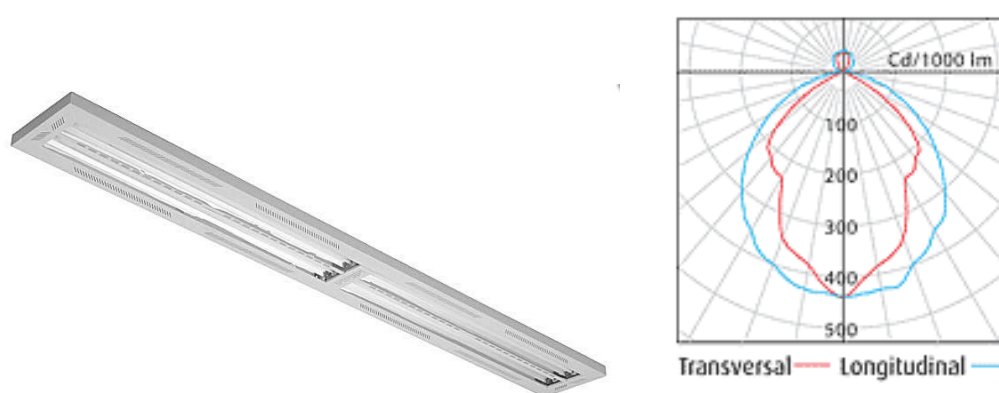


Figura 26– Luminária FHB02-S254 – Aspecto e distribuição luminosa
(Fonte: <http://www.lumicenteriluminacao.com.br>)

Tabela 9 – Características técnicas dos reatores utilizados no projeto

Parâmetro	LEM.228CCI	LEB.254ML
Tensão (V)	127/220	100-250
Corrente (A)	0,48*	0,90
Potência (W)	58	112
Fator de potência	0,98*	0,99
Fator de fluxo	0,90	1
Fator de eficácia	1,55	0,89
THD (%)	<10*	5
Frequência na lâmpada (kHz)	44	42
Massa (g)	210	320

*Valores para alimentação em 127 V.

Fonte: <http://www.lumicenteriluminacao.com.br>

O passo seguinte consistiu na distribuição automática das luminárias para cada ambiente. Posteriormente, houve alguns rearranjos manuais, a fim de ajustar o nível de iluminância ou posicionar luminárias de forma mais adequada ao *layout* existente. Na área de Registrados, por exemplo, uma luminária foi removida e outra foi reposicionada, o que permitiu melhor aproveitamento do fluxo luminoso, em detrimento de arranjo estético melhor. Na área de Treinamento e na sala de Lazer, as luminárias foram instaladas suspensas a 2,8 m do piso, gerando melhor resultado em locais onde o pé direito é de 3,74 m. Na área de Treinamento, houve ainda o acréscimo de duas luminárias. Na Garagem, as luminárias também foram suspensas, mas a 3,5 m do piso, uma vez que no local há acesso de veículos cuja altura supera 2,8 m. Na área de Triagem, também as luminárias foram suspensas a 2,8 m. Além disso, criou-se manualmente arranjo retangular que exclui a pequena área que aumentava a máxima largura do ambiente. Desta forma, a distribuição restou mais racional.

O aspecto visual da iluminação projetada, para cada ambiente, simulada por meio do *DIALux evo*, é demonstrado nas figuras 27 a 36. A visão geral do novo sistema de iluminação é apresentada no Apêndice 2.

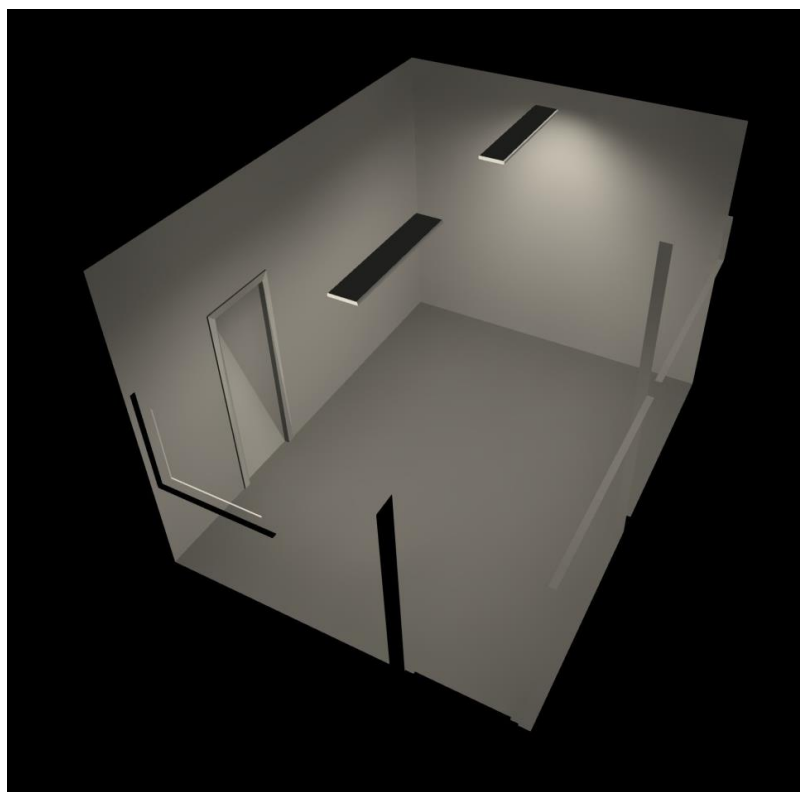


Figura 27 – Iluminação projetada para a Recepção

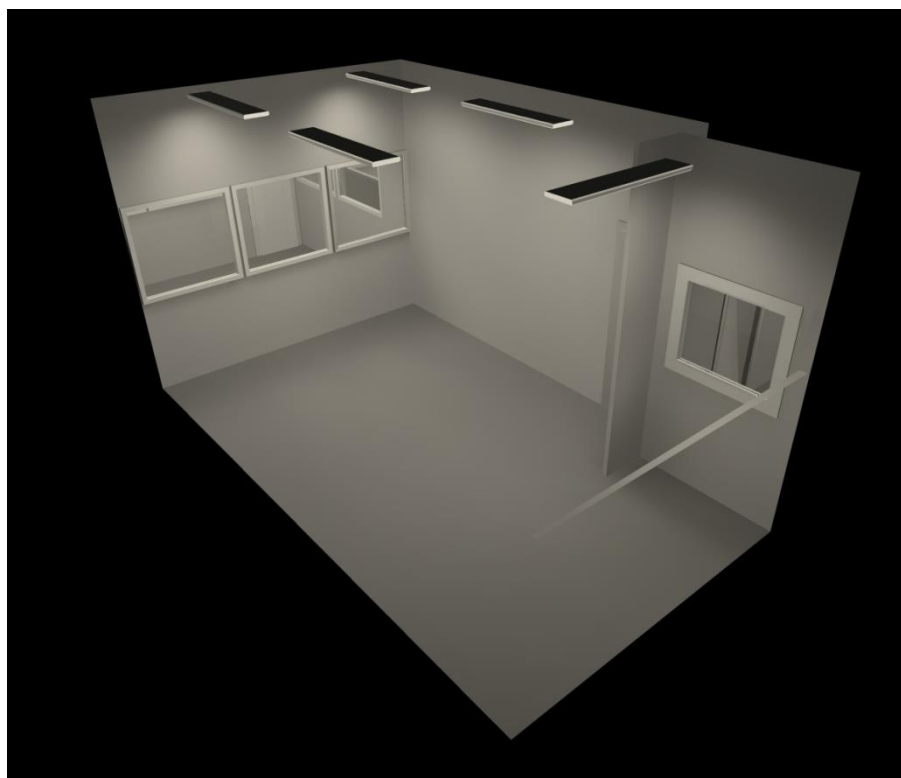


Figura 28 – Iluminação projetada para a sala de Registrados

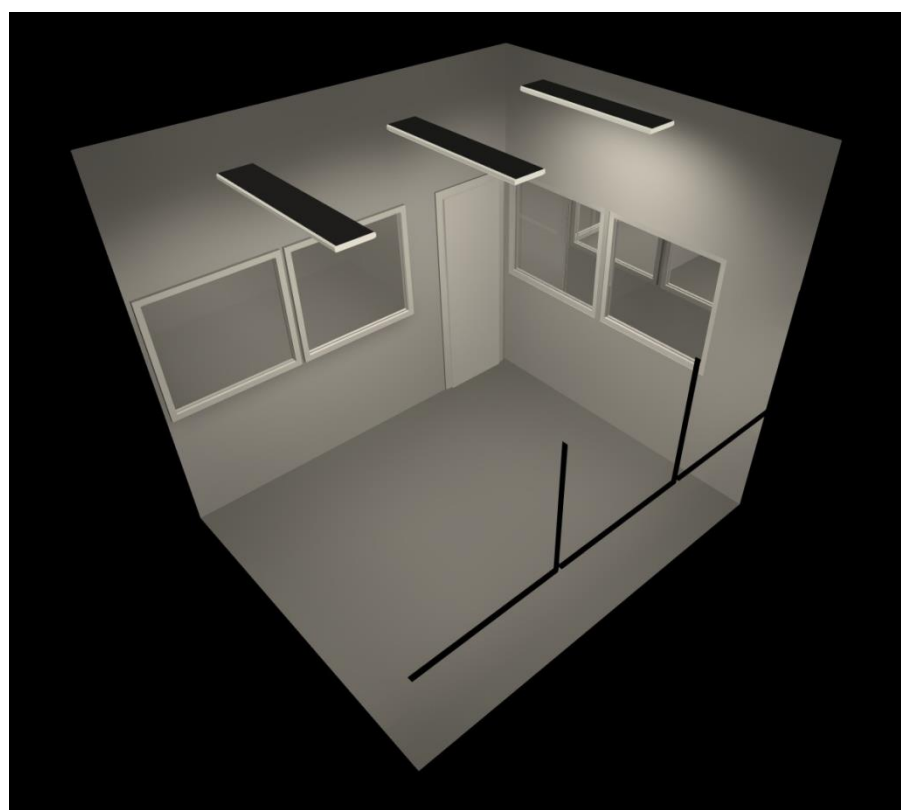


Figura 29 – Iluminação projetada para a sala de Ordenamento

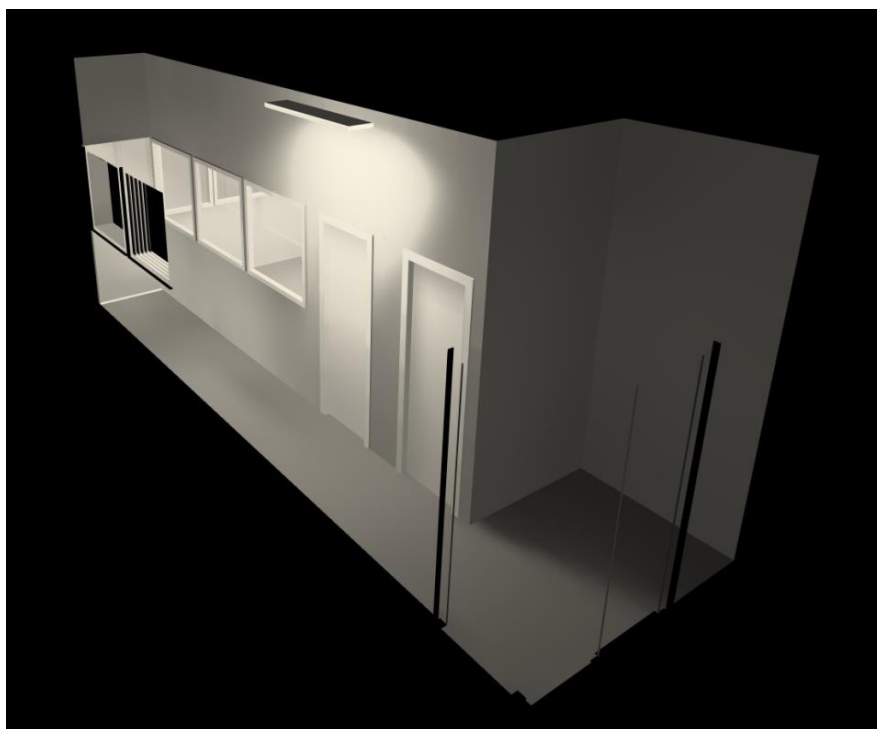


Figura 30 – Iluminação projetada para a Circulação



Figura 31 – Iluminação projetada para a Sala Técnica

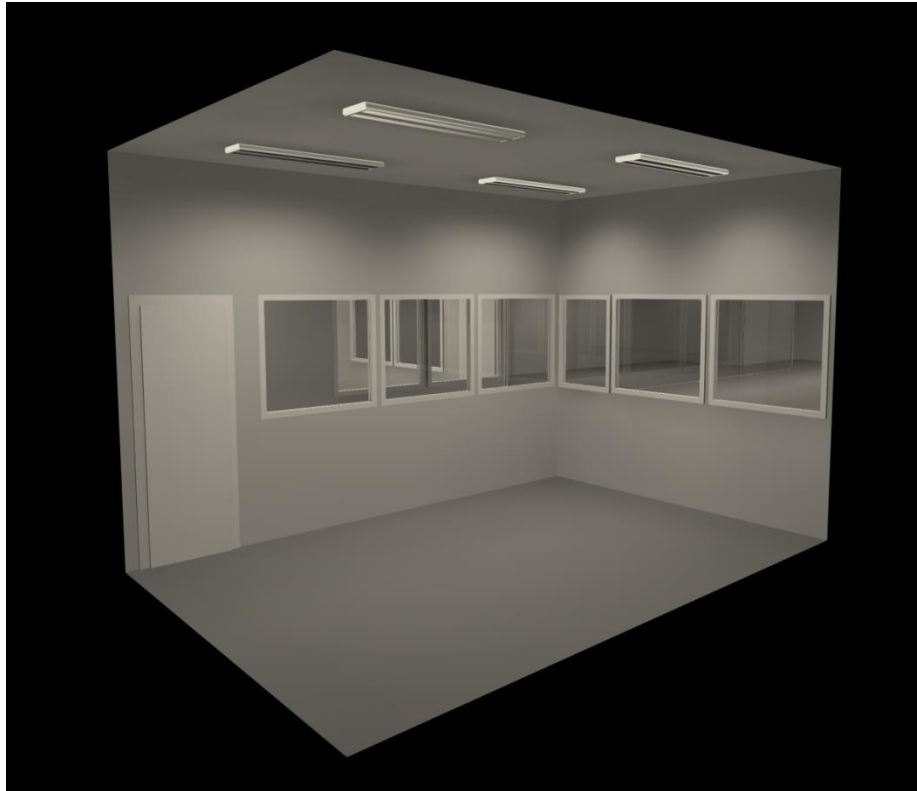


Figura 32 – Iluminação projetada para a sala de Supervisão/Gerência

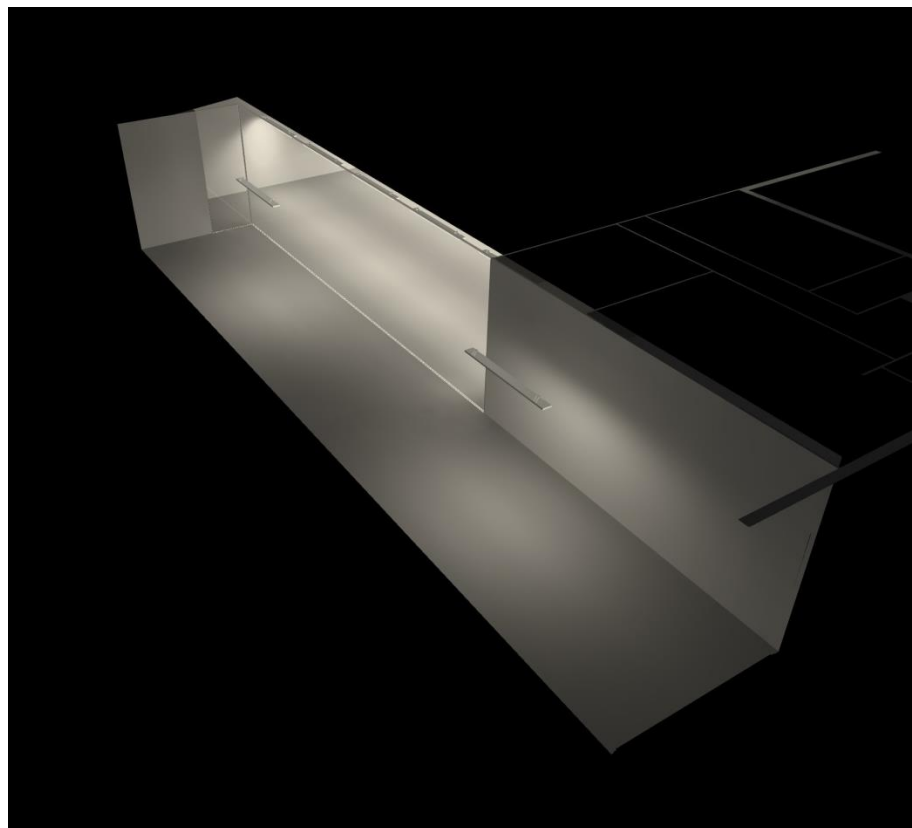


Figura 33 – Iluminação projetada para a Garagem

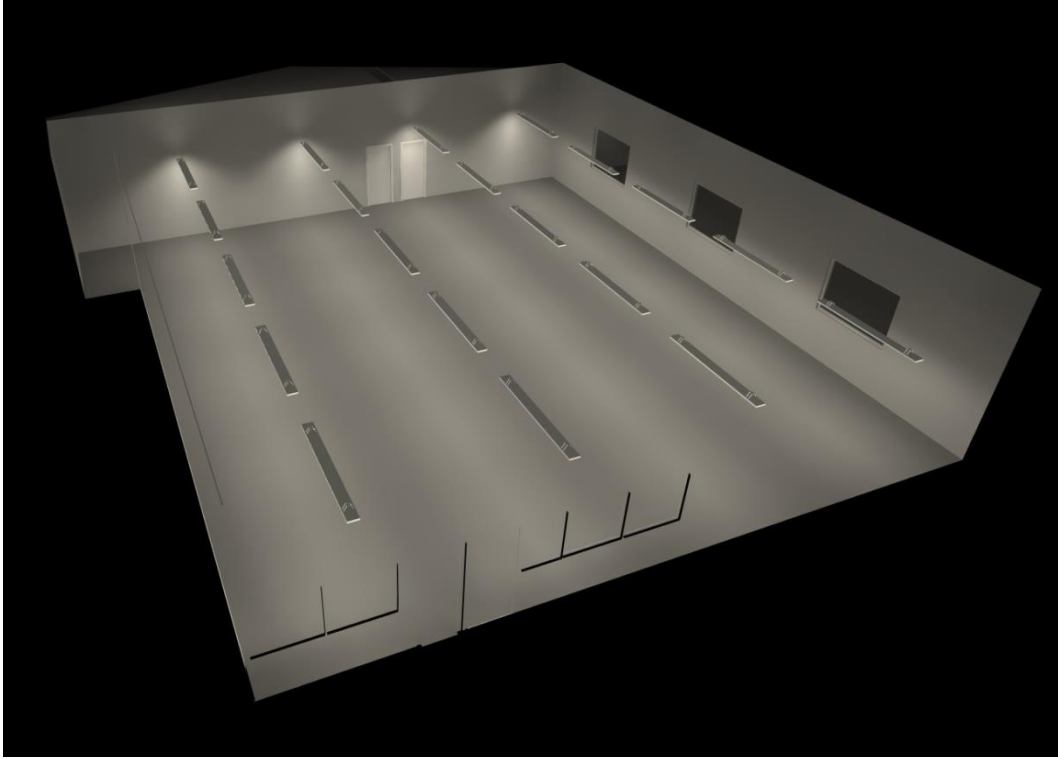


Figura 34 – Iluminação projetada para a área de Triagem

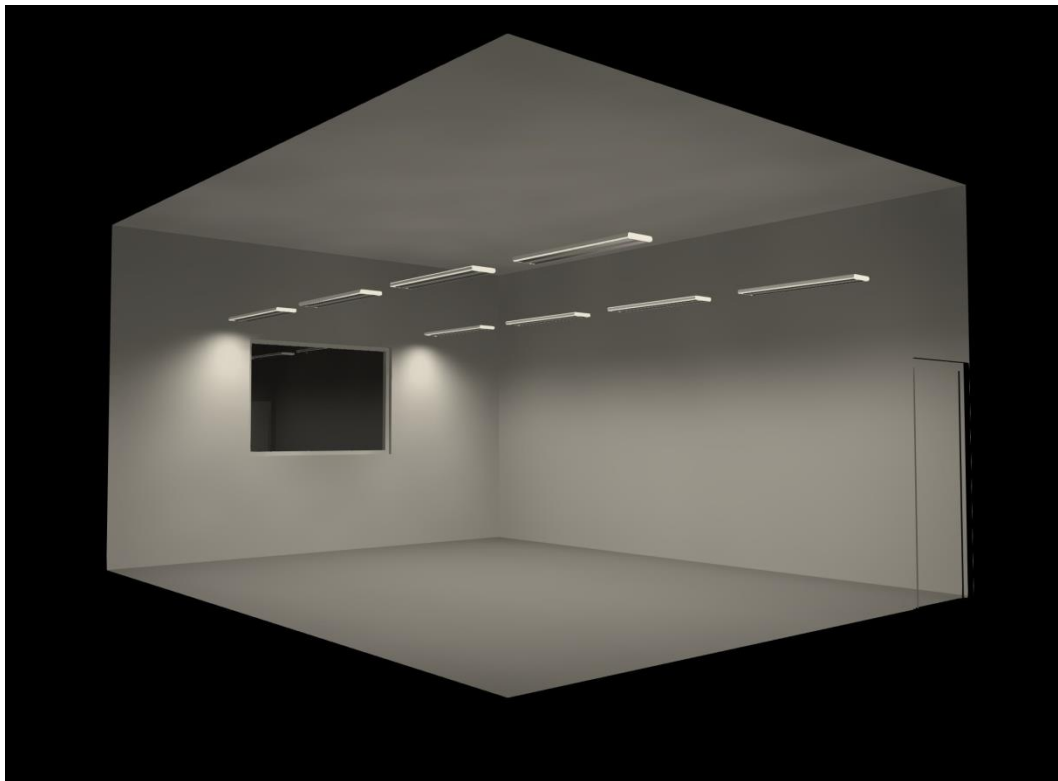


Figura 35 – Iluminação projetada para a sala de Treinamento

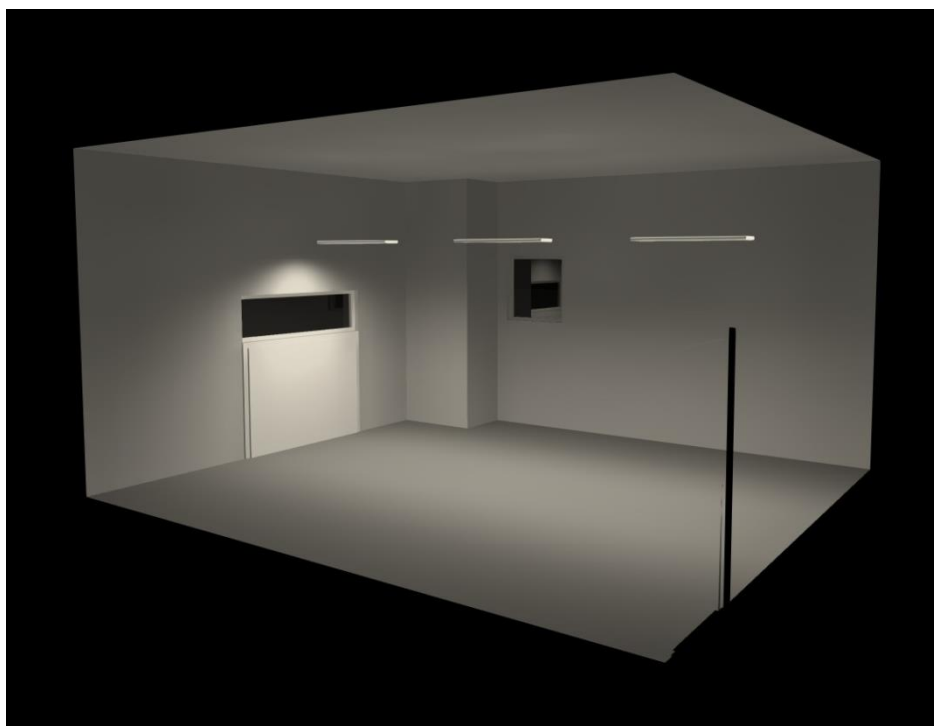


Figura 36 – Iluminação projetada para a área de Lazer

Os resultados numéricos para a iluminância de cada ambiente, apresentados pelo *software* após simular a iluminação projetada, são apresentados na tabela 10.

Tabela 10 – Iluminâncias para a iluminação projetada

Ambiente	Iluminância média (lux)	Iluminância mín. (lux)	Iluminância máx. (lux)	Mín./Média	Mín./Máx.
Recepção	302	137	411	0,45	0,33
Registrados	591	238	843	0,40	0,28
Ordenamento	687	386	880	0,56	0,44
Sala Técnica	618	458	703	0,74	0,65
Supervisão/Gerência	585	337	757	0,58	0,45
Circulação	156	8	299	0,05	0,03
Garagem	159	26	355	0,16	0,07
Triagem	505	59	887	0,12	0,07
Treinamento	597	265	763	0,44	0,35
Lazer	224	37	507	0,17	0,07

Fonte: *DIALux evo*

5.9 Consumo Energético do Sistema de Iluminação Projetado

Utilizando a mesma metodologia descrita para o sistema de iluminação existente, calculamos o consumo médio mensal de energia elétrica referente ao sistema de iluminação projetado para o imóvel. Trata-se, novamente, de uma aproximação, visto que há variação nos tempos de utilização do sistema. A tabela 11 apresenta os resultados, por ambiente.

Tabela 11 – Consumo mensal médio do sistema de iluminação projetado

Ambiente	Consumo médio (kWh/mês)
Lazer	16,7
Treinamento	4,2
Triagem	479,4
Garagem	47,9
Circulação	12,4
Ordenamento	7,7
Registrados	62,1
Recepção	20,4
Sala Técnica	-
Supervisão/Gerência	45,9
Total	696,7

Fonte: <http://www.lumicenteriluminacao.com.br>, entrevista com Supervisor.

Obs.: O consumo referente à Sala Técnica foi outra vez desprezado, para efeito de cálculo, já que a utilização da iluminação neste ambiente é breve e esporádica.

O consumo médio mensal do sistema de iluminação projetado é de 696,7 kWh, o que representa, em termos econômicos para os valores atuais da tarifa cobrada pela concessionária (R\$ 0,368110/kWh), R\$ 321,94, considerada a cobrança de ICMS (alíquota de 25 %) e abatida a retenção tributária federal (5,85 %), conforme fatura atual da unidade, vista na figura 22. Considerada a taxa de iluminação pública, cujo valor depende das dimensões do imóvel, o valor total da fatura seria de R\$ 362,82, ou 56,02 % do valor atual.

Observa-se, de imediato, que o sistema de iluminação projetado apresenta economia de 46,9 % em termos de consumo energético mensal médio e 44 % em termos de custo com a tarifa paga. A economia pode ser ainda mais significativa se o novo sistema for dotado de maior número de interruptores, permitindo que seja acionada a iluminação apenas onde houver necessidade. Esta característica representa vantagem importante especialmente na área de Triagem, onde as atividades internas de cada carteiro encerram-se em momentos diferentes.

5.10 Custo de Implantação do Sistema Projetado

A implantação do sistema de iluminação projetado geraria os custos apresentados na tabela 12.

Tabela 12 – Custo de implantação do sistema projetado

Item	Quant.	Un.	Valor unit. (R\$)	Valor total (R\$)
Luminária FAA02-S228	28	Um	85,30	2.388,40
Luminária FHB02-S254	22	Um	162,72	3.579,84
Reator LEM.228CCI	28	Um	25,58	716,24
Reator LEB.254ML	22	Um	45,73	1.006,06
Lâmpada TL5 28W/840	56	Um	4,89	273,84
Lâmpada TL5 54W/840	44	Um	9,69	426,36
Cabo de aço 1/8"	112	M	1,66	185,92
Conj. condutele PVC + 2 int. simples	10	Um	18,78	187,80
Condutor 2,5 mm ²	200	M	1,57	314,00
Materiais diversos	-	-	-	100,00
Locação de andaime (larg. 2 m, alt. 4 m)	1	Um	66,00	66,00
Mão de obra (1 eletricista + 2 auxiliares)	80	H	31,37	2.509,60
Total	-	-	-	11.754,06

Fontes: Marranghelo e Perez Representações Ltda., <http://acamargo.com>, SINAPI Outubro 2014

Obs.: Os valores acima apresentados incluem a tributação vigente (ICMS, IPI, ISS, etc.). Os materiais diversos incluem conectores, fita isolante, abraçadeiras, parafusos, buchas, etc..

5.11 Custo de Manutenção do Sistema Projetado

O custo de manutenção do sistema de iluminação existente (item 5.5) utilizou como referência as contratações ocorridas nos últimos vinte e dois meses. Os materiais substituídos com maior frequência (lâmpadas e reatores) têm seus valores apresentados na tabela 13.

Tabela 13 – Custo de dispositivos do sistema de iluminação existente

Item	Valor unitário (R\$)
Lâmpada fluorescente 20 W	4,27
Lâmpada fluorescente 40 W	4,27
Lâmpada fluorescente 110 W	19,17
Reator eletrônico 2 x 20 W	8,77
Reator eletrônico 2 x 40 W	28,61
Reator eletrônico 2 x 110 W	43,41

Fontes: <http://www.ferragemigor.com.br>, SINAPI Outubro 2014.

Tendo em vista que os valores dos materiais empregados no sistema projetado têm ordem de grandeza muito próxima dos valores dos materiais utilizados no sistema existente (Tabela 12), que o valor da mão de obra de manutenção pode ser mantido inalterado dada a semelhante natureza dos serviços e que se trata, em verdade, de uma estimativa (tendo em vista não haver histórico), o diferencial no custo de manutenção de cada um dos sistemas será a vida mediana dos dispositivos, ou seja, o período após o qual, numa amostragem significativa, 50 % das peças falham.

As lâmpadas fluorescentes T10 do sistema existente têm vida mediana de 8.000 h. No sistema projetado, as lâmpadas TL5 28W/840 têm vida mediana de 20.000 h e as lâmpadas TL5 54W/840, vida mediana de 30.000 h. Os reatores eletrônicos do sistema existente têm vida mediana de 25.000 h, o mesmo que os reatores eletrônicos do sistema projetado. Assim, considerando que as lâmpadas são os dispositivos que apresentam, na prática, maior frequência de substituição por falha e que as novas lâmpadas têm vida mediana pelo menos 150 % mais longa, é justo estimar que o novo sistema sofrerá intervenções de manutenção em intervalos pelo menos 100 % mais longas, reduzindo o custo da manutenção à metade, numa

análise pouco otimista. Em termos financeiros, esta estimativa representa R\$ 116,48/mês ou R\$ 1.397,76/ano.

5.12 Análise da Viabilidade Econômica do Investimento

A viabilidade econômica de investir na implantação do sistema de iluminação projetado para o CDD Niterói foi avaliada por meio do cálculo do valor presente líquido (VPL).

Inicialmente, obteve-se o fator de valor presente (FVP), a partir de:

$$FVP(i, n) = \frac{(1 + i)^n - 1}{i(1 + i)^n}$$

onde: i = taxa de atratividade do investimento

n = prazo considerado

Para a análise em questão, consideramos:

$i = 11,25\%$ ao ano (taxa SELIC – Outubro 2014)

$n = 20$ anos (tempo de vida útil estimado para o sistema projetado)

Então, $FVP(0,1125, 20) = 7,8349$.

O VPL é obtido a partir de

$$VPL = -I + A \cdot FVP(i, n)$$

onde: I = valor do investimento necessário para implementar o projeto

A = benefício obtido com a implantação do projeto

Para o estudo em questão, consideramos:

$I = R\$ 11.754,06$ (Tabela 12)

$A = R\$ 4.814,64$ /ano (economia no consumo de energia elétrica somada à economia no custo de manutenção do sistema de iluminação)

Então, $VPL = R\$ 25.968,16$.

Tendo em vista VPL ter valor positivo, o investimento é considerado economicamente viável.

A análise permite ainda que se obtenha o prazo no qual ocorrerá o retorno financeiro do investimento feito (*payback*). O cálculo do *payback* descontado, o qual leva em conta o custo do dinheiro investido, ocorre por:

$$n = - \frac{\ln(1 - I/A \cdot i)}{\ln(1 + i)}$$

Então:

$n = 3,0113$ ou 3 anos e 4 dias

Ou seja, após três anos e quatro dias ocorrerá o retorno financeiro integral do valor investimento na implantação do projeto do novo sistema de iluminação.

6 CONCLUSÕES

Os estudos realizados permitiram concluir que há, no CDD Niterói, potencial para melhor aproveitamento da iluminação natural. Uma das formas de obtê-lo seria simplesmente desenvolver o hábito de abrir as persianas existentes sempre que isso não trouxesse inconvenientes como ofuscamento ou aquecimento excessivo do ambiente. O emprego da luz natural traria resultados mais significativos na área de Triagem, onde se encontra a maioria das aberturas. Entretanto, seria necessário alterar o *layout* do local já que várias mesas de triagem estão posicionadas com sua face posterior voltada para as janelas.

Outra medida para melhor aproveitamento da luz natural consiste na utilização de elementos arquitetônicos como claraboias e *lightshelves*. Porém, utilizá-los implicaria executar adaptações mais complexas e que dependeriam de investimento do proprietário do imóvel ou de contratações legalmente impedidas, visto que utilizariam verba pública em imóvel privado.

Da análise do sistema de iluminação existente, pudemos observar que as luminárias dispostas diretamente sobre as mesas de triagem tornam o *layout* limitado em termos de mobilidade, já que deslocar as mesas as colocaria em locais onde a iluminância é inadequada à atividade ali desenvolvida. Também se observa que há locais onde a iluminância, ainda que não direcionada à área de tarefa, é insuficiente. A sala de Registrados é o melhor exemplo disso.

O sistema de iluminação artificial projetado proporciona iluminância adequada em todos os ambientes, torna mais flexível o *layout* da área de Triagem, já que as mesas de triagem não precisam estar exata e obrigatoriamente sob as luminárias do ambiente, reduz em 46,9 % o consumo energético mensal médio e gera custo de manutenção aproximadamente 50 % menor, atingindo o objetivo geral deste estudo.

As vantagens da substituição do sistema de iluminação artificial do CDD Niterói são corroboradas pela viabilidade econômica indicada pela análise do valor presente

líquido e pelo cálculo do *payback* descontado, o qual seria de três anos e quatro dias.

Por fim, este estudo foi capaz de demonstrar a necessidade de mudança dos padrões de projetos das unidades de distribuição dos Correios. O guia que os orienta (ECT, 2008) não aponta parâmetros específicos que privilegiem a eficiência energética. Há, certamente, a possibilidade de estender o presente estudo a outros sistemas consumidores de energia, bem como a unidades de atendimento. Desenvolver este enfoque poderia proporcionar projetos energeticamente mais eficientes, ainda que sua execução ocorra em imóveis locados pelo Correios, traria resultados econômicos claros e vantajosos, e alinharia a infraestrutura da empresa à sua política de sustentabilidade.

7 REFERÊNCIAS

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

BRAGA, L. C. **Estudo de Aspectos de Eficiência Energética de Edificações com uma Abordagem de Automação Predial**. 2007. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica)-Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

ECP. **Portfólio Materiais Elétricos**. São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.ecp.com.br>>. Acesso em: 25 out. 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE CORREIOS E TELÉGRAFOS - ECT. Diretoria Regional do Rio Grande do Sul. **Correios em Foco**. Porto Alegre, ano 4, Ed. 9, p. 4, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE CORREIOS E TELÉGRAFOS - ECT. **Sobre Correios**. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://www.correios.com.br>>. Acesso em: 04 set. 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE CORREIOS E TELÉGRAFOS - ECT. Vice-Presidência

de Tecnologia. **Guia para Projetos de Unidades de Distribuição – CDD e CEE.** Brasília, 2008.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura.** 3. ed. Rio de Janeiro: Eletrobras, 2014.

LOUÇANO, N. R. **Eficiência Energética em Edifícios: Gestão do Sistema Iluminação.** 2009. 134 f. Relatório de estágio (Mestrado em Engenharia Industrial)- Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2009.

MARQUES, M. C. S.; HADDAD J.; GUARDIA, E. C.; **Conservação de Energia.** 3. ed. , Itajubá: FUPAI, 2006.

PHILIPS DO BRASIL LTDA. **Produtos.** São Paulo, 2014. Disponível em <http://www.lighting.philips.com.br>. Acesso em: 26 out. 2014.

PROCEL EPP – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NOS PRÉDIOS PÚBLICOS. **Manual de Iluminação.** Rio de Janeiro: Eletrobras, 2011.

PROCEL EPP – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NOS PRÉDIOS PÚBLICOS. **Manual de Instruções para Projetos de Eficiência Energética nos Prédios Públicos.** Utilização dos Recursos da Reserva Global de Reversão. Rio de Janeiro: Eletrobras, 2011.

SATYRO, G. V. **Revisão e Modernização dos Sistemas de Iluminação e Ar Condicionado do Bloco A1 do Edifício da CPRM no Rio de Janeiro.** 2013. 80 f. Projeto de Graduação (Graduação em Engenharia Elétrica)-Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

VILHENA, J. M. **Diretrizes para a Sustentabilidade das Edificações.** Gestão & Tecnologia de Projetos. São Paulo: IAU-USP, v. 2, n. 2. mai. 2007.