



PREFEITURA MUNICIPAL DE AIUABA

TERMO DE REFERENCIA – ANEXO “C”

MANUAL DE MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO – M&V / PROCEL RELUZ

A Medição e Verificação - M&V de projetos de eficiência energética em sistemas de iluminação pública, com tecnologia LED, que contar com investimentos advindos do Procel Reluz, deverá utilizar a metodologia a seguir:

ETAPAS E PRODUTOS

Todo o processo de M&V está dividido em três etapas e resultará em três produtos a serem entregues ao logo de todo o processo.

1ª ETAPA: Produto 1: PLANO DE MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO – M&V;

2ª ETAPA: Produto 2: RELATÓRIO DE LINHA DE BASE – M&V;

3ª ETAPA: Produto 3: RELATÓRIO FINAL DE MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO.

I. MINUTA DO PLANO DE MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO – M&V

1. PLANO DE MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO – M&V

O Plano de Medição e Verificação trata-se de um relatório técnico que concentra as informações relativas aos métodos, condições e procedimentos de análise dos dados, tanto no período antecedente à execução das medidas de eficiência energética, ou seja, antes da instalação das luminárias LEDs, como posteriormente, no período de verificação da quantidade de energia economizada, ou seja, após a instalação das luminárias LEDs.

O plano define detalhadamente, de forma transparente e precisa toda a estratégia de Medição e Verificação, constituindo, assim, um documento que assegura a qualidade de todo o processo e dos resultados obtidos.

1.1. MEDIÇÕES E MEDIDAS

A metodologia estabelece um conjunto de operações que tem por objetivo determinar o valor de 2 (duas) grandezas presente em processos de efficientização da iluminação pública, sendo uma de natureza elétrica e outra de natureza luminotécnica, a saber:

1.1.1. Grandeza Elétrica: Potência (Watt)

Na campanha de medição “antes” da ação de eficiência energética, ainda com tecnologia convencional, deverão ser coletados dados elétricos do conjunto: lâmpada + reator que compõem o ponto de iluminação pública existente.



PREFEITURA MUNICIPAL DE AIUBÁ

Do mesmo modo, na campanha de medição “após” a ação de eficiência energética, já com a tecnologia LED, deverão ser coletados dados elétricos da luminária LED que corresponde o ponto de iluminação pública efficientizado. Ambas as grandezas serão medidas obedecendo o plano amostral definido neste documento.

1.1.1.1. Procedimentos de Medição de Grandezas Elétricas

a) Luminária com tecnologia convencional

Orientado pelo plano amostral, no decorrer da execução da obra, deve-se coletar, ainda no campo, o número de luminárias convencionais determinado pelo plano amostral.

O responsável pela coleta deverá antes de promover a retirada das luminárias existentes eleitas pelo plano amostral, constatar que as mesmas se encontram em condições de operação, do contrário será inútil retirar do campo luminárias com lâmpadas queimadas, reator fora de funcionamento, ou qualquer outro defeito que inviabilize as medições elétricas.

Deste modo, o responsável pela coleta deverá inspecionar as luminárias existentes e seus equipamentos auxiliares, ainda no campo, a fim de evitar que no momento das medições em bancada não falem amostras devido ao recolhimento de luminárias sem condições de uso.

Cada amostra a ser medida deverá refletir fielmente o ponto original que existia no poste, ou seja, exatamente o mesmo conjunto de equipamentos: luminária, relé fotocontrolador, lâmpada e reator. Deste modo, é proibido medições elétricas em composições de equipamentos diferentes da original coletada no poste, por exemplo, pegar a lâmpada de um conjunto e testar na luminária de outro conjunto, assim como o reator de um conjunto em outro, isso não será permitido.

O procedimento de coleta deverá, no mínimo, respeitar o seguinte ritual:

- i. A partir da identificação do ponto de IP a ser coletado, ou seja, eleito o logradouro e o poste, deve-se promover a retirada dos equipamentos que compõem o ponto de IP existente com cuidado para não danificar os equipamentos.
- ii. Após a coleta, deve-se, ainda no campo, inspecionar os equipamentos a fim de garantir que não houve danos na retirada;



PREFEITURA MUNICIPAL DE AIUABA

- iii. O conjunto original: luminária, lâmpada, relé fotocontrolador e reator, deverão ser identificados individualmente (por meio de etiquetas, caneta permanente, ou outra solução que não seja frágil no manuseio) de modo a permitir seu rastreamento, ou seja, de onde foi retirado. A identificação deverá conter no mínimo o nome do logradouro + 1 ponto de referência física próximo ao poste, podendo ser: o número da residência mais próxima, altura do Km da avenida, ou outro elemento representativo.
- iv. O conjunto original coletado, após terem os equipamentos individualmente identificados, ainda no campo, deverão ser acomodados (um conjunto por acomodação), em "sacos tipo sisal, saco para grãos e/ou similares com resistência adequada" ou "caixas com resistência apropriada" de modo a serem armazenados no almoxarifado, adequadamente, até o momento das medições elétricas.

As medições elétricas dos conjuntos coletados no campo deverão ser realizadas por profissionais habilitados para essa atividade, que deverão estar em dia com as obrigações legais de segurança que a atividade exige, além de utilizarem todos os equipamentos de segurança individual – EPI que a NR 10 determina.

A bancada de teste utilizada para esta finalidade deverá obedecer às normas de segurança previstas nas legislações pertinentes, além de todos os equipamentos de medição deverão estar devidamente calibrados e disponível para uso.

Após atendidas todas as questões de logística e de segurança, deve-se iniciar as medições elétricas.

Deve-se realizar, em cada conjunto de IP original retirado do campo, 3 (três) medições sucessivas, em operação estável, de modo a permitir a coleta de dados elétricos do conjunto: lâmpada + reator, como: tensão, corrente e fator de potência, cujo objetivo é determinar a potência de operação da respectiva luminária.

Concluída as 3 (três) medições sucessivas em cada conjunto, deve-se realizar uma média aritmética simples dos 3(três) valores apurados, cujo resultado deverá ser adotado para efeito de cálculo de consumo de energia elétrica.

Os valores das 3 (três) medições sucessivas, assim com a média de cada conjunto de IP deverá ser planilhado em arquivo digital para futura entrega ao contratante.



PREFEITURA MUNICIPAL DE AIUBA

b) Luminária com tecnologia LED

Orientado pelo plano amostral, no decorrer da execução da obra, deve-se coletar no almoxarifado do município, após a entrega pelo fornecedor e antes de sua efetiva instalação no poste, o número de luminárias LED determinado pelo plano amostral.

A orientação é de após a confirmação da presença das luminárias LEDs no almoxarifado do município, no decorrer da execução da obra, porém, antes da efetiva instalação no poste, deve-se proceder com as medições elétricas, e, para isso deve-se utilizar uma bancada de teste.

Atenção, pois a escolha da luminária LED (modelo, fabricante e potência) a ser medida na bancada de teste não deverá ser aleatória, ou seja, a opção por um ou outro modelo de luminária LED deverá estar conectado com a luminária convencional existente substituída no campo, definida no plano amostral.

A título de ilustração, segue um exemplo prático:

Se no logradouro "A" o projeto luminotécnico prevê a retirada de uma luminária convencional VS com potência de 250W para a instalação de uma luminária LED com potência de 100W (modelo "Y" e fabricante "W"), e este logradouro foi eleito para fornecer uma amostra para o processo de Medição e Verificação, significa que deve-se medir a luminária LED de 100W (modelo "Y" e fabricante "W"), antes de proceder com a substituição de fato. Logo após a conclusão da efficientização desta rua, deve-se medir uma amostra de luminária convencional VS 250W retirada do mesmo logradouro "A".

Deve-se garantir uma ação orquestrada devidamente rastreada e documentada entre as amostras que se retira e o que se instala no parque de IP.

As medições elétricas das luminárias LEDs deverão ser realizadas por profissionais habilitados para essa atividade, que deverão estar em dia com as obrigações legais de segurança que a atividade exige, além de utilizarem todos os equipamentos de segurança individual – EPI que a NR 10 determina.

A bancada de teste utilizada para esta finalidade deverá obedecer às normas de segurança previstas nas legislações pertinentes, além de todos os equipamentos de medição deverão estar devidamente calibrados e disponível para uso.



PREFEITURA MUNICIPAL DE AIUBÁ

Após atendidas todas as questões de logística e de segurança, deve-se iniciar as medições elétricas.

Deve-se realizar 3 (três) medições sucessivas, "in loco", na luminária LED, em operação estável, de modo a permitir a coleta de dados elétricos da luminária, como: tensão, corrente e fator de potência, cujo objetivo é determinar a potência de operação da respectiva luminária.

Concluída as 3 (três) medições sucessivas na luminária, deverá ser realizada uma média aritmética simples dos 3 (três) valores apurados, cujo resultado deverá ser adotado para efeito de cálculo de consumo de energia elétrica.

Os valores das 3 (três) medições sucessivas, assim com a média de cada conjunto de IP deverá ser planilhado em arquivo digital para futura entrega ao contratante.

As luminárias LEDs medidas em bancada deverão ser identificadas individualmente (por meio de etiquetas, caneta permanente, ou outra solução que não seja frágil no manuseio) de modo a permitir seu rastreamento, ou seja, o local onde será instalada. Para eleger o local da instalação deverá ser consultado o projeto luminotécnico (padrões/cenários) elaborado. A identificação deverá conter no mínimo o nome do logradouro + 1 ponto de referência física próximo ao poste, podendo ser: o número da residência mais próxima, altura do Km da avenida, ou outro elemento representativo.

c) Equipamentos utilizados na Medição e Verificação

Deverá ser apresentado a precisão dos equipamentos usados nas medições "in loco", inclusive o certificado da calibração mais recente do respectivo equipamento.

Na hipótese de utilização de alicate wattímetro para medições de potência em luminárias de IP, deve-se ficar atento aos valores típicos normalmente encontrados. Em geral, NÃO superam a casa dos 400Watts, ou seja, NÃO superam 0,400kW.

Deste modo, se o modelo de alicate wattímetro utilizado na medição só permite registrar potências na escala de kW com 2 (duas) casas decimais, certamente irá, automaticamente, arredondar os valores de potência das luminárias de IP e prejudicar a precisão e a qualidade dos dados levantados. **Dessa forma, modelos de alicate wattímetro, que apresente o valor medido com apenas,**



PREFEITURA MUNICIPAL DE AIUABA

com 2 (duas) casas decimais, demonstram-se inadequados para medições com o nível de precisão desejada no processo de M&V, e, desta forma **NÃO devem ser utilizados**.

Diante do cenário acima, torna-se **obrigatório utilizar modelos de alicate wattímetro que apresente o valor medido, sem arredondamento, com 3 (três) casas decimais**, as potências típicas de luminárias de IP, por exemplo: 70W (0,070kW), 100W (0,100kW), 150W (0,150kW), 250W (0,250kW), 400W (0,400kW), dentre outras.

Dedicar atenção a esta condição tornou-se ainda mais importante e necessária em razão da utilização da tecnologia LED na iluminação pública, cujas potências são ainda menores.

1.1.2. Grandeza Luminotécnica

Na campanha de medição “antes” da ação de eficiência energética, ainda com tecnologia convencional, o procedimento para determinar o indicador: Iluminância Média – Emédio deverá ser por meio de simulação luminotécnica utilizando curva fotométrica de luminária convencional de mesma potência da instalada no local. Para a simulação deve-se utilizar o software Dialux Evo, utilizando como base de referência a malha de verificação estabelecida no software Dialux Evo. Esse procedimento tem por objetivo auxiliar o estabelecimento da linha de base do projeto.

Entretanto, na campanha de medição “após” a ação de eficiência energética, já com a tecnologia LED, o procedimento para determinar o indicador: Iluminância Média – Emédio e Uniformidade - U será por meio de medições “in loco”, com luxímetro, utilizando como base a malha de verificação estabelecida na NBR 5101. Esse procedimento tem por objetivo verificar o resultado luminotécnico final em face da respectiva NBR 5101.

Como observado acima, a campanha de medição das grandezas luminotécnicas tem dois objetivos distintos: auxiliar no estabelecimento da linha de base e verificar o resultado final do projeto.

1.1.2.1. Procedimentos de Medição de Grandezas Luminotécnicas

a) Luminária com tecnologia convencional

Para superar a barreira de se obter curvas fotométricas (arquivo. ies) exatamente das luminárias convencionais existentes, ou seja, de mesmo



PREFEITURA MUNICIPAL DE AIUBA

modelo e fabricante, considerando que na grande maioria dos casos as instalações ocorreram há muitos anos e trata-se de equipamentos que já saíram do mercado. O Procel Reluz fornecerá um conjunto de arquivos IES (curvas fotométricas) de luminárias com tecnologia convencional, de diversas potências, de modo a permitir que todas as simulações luminotécnicas sejam realizadas em uma mesma base de referência.

Cabe esclarecer que, nesta fase, ou seja, “antes” da instalação das luminárias LEDs, NÃO serão consideradas medições luminotécnicas “in loco” do sistema de IP existente. Isto se deve ao fato de as luminárias existentes estarem impactadas por diversos fatores que prejudicam o seu desempenho luminotécnico atual, ou seja, fadiga, ausência de manutenção, sujeira no refrator, dentre outros indicadores que afetam o desempenho de qualquer luminária em operação.

Não seria razoável comparar o resultado luminotécnico de uma luminária que possui anos de exposição a diversos fatores que interfere no seu desempenho com uma luminária LED completamente nova.

Por esta razão, a metodologia adotada para efeito de comparação de desempenho luminotécnico entre a luminária convencional existente e a luminária LED, opta por utilizar simulação luminotécnica de uma “luminária convencional nova” (sem as depreciações naturais de sua utilização no campo), com uma luminária de LED também nova.

b) Luminária com tecnologia LED

Após a instalação das luminárias LEDs, deverão ser realizadas medições luminotécnicas, por amostragem, em VÃOS entre pontos de iluminação pública eficientizados situados na área de abrangência do projeto, cujo objetivo é descobrir, no próprio local onde as luminárias LEDs estão instaladas e operando, se a Iluminância Média (Emed) e a Uniformidade (U), medida “in loco” entre os respectivos VÃOS, atende ou não, aos valores estabelecidos na NBR 5101.

A malha de medição a ser utilizada na determinação do parâmetro indicado acima deverá ser conforme previsto no Item 7.2 da NBR 5101.

c) Equipamentos utilizados na Medição e Verificação



PREFEITURA MUNICIPAL DE AIUBA

Deverá ser apresentado a precisão dos equipamentos usados nas medições “in loco”, inclusive o certificado da calibração mais recente do respectivo equipamento (Luxímetro).

1.2. ESTABELECIMENTO DO TAMANHO DA AMOSTRA

1.2.1. Plano de amostragem

O principal objetivo do respectivo plano é determinar o número de amostras que será objeto de medição e verificação – M&V, no âmbito do projeto de efficientização da iluminação pública, com tecnologia LED.

1.2.1.1. Cálculo do tamanho da amostra inicial para medições de grandezas elétricas.

O tamanho da amostra inicial a ser contemplada com serviços de Medição e Verificação – M&V, antes e após a ação de eficiência energética, deverá respeitar as 2 (duas) condições a seguir:

1ª Condição (A)	2ª Condição (B)
Segundo a NBR 5426 com regime de inspeção severa, nível I.	Supondo-se o coeficiente de variância de 0,5 e uma precisão desejada de 10% a 95% de confiabilidade.

A partir do resultado dos 2 (dois) valores calculados com base na condição “A” e “B”, deve-se determinar o tamanho inicial da amostra.

A. Cálculo do tamanho da amostra inicial em relação a 1ª Condição

Como apoio deve-se utilizar a tabela da NBR 5426 a seguir para estimação do tamanho da amostra inicial.

Início	Fim	Amostra
2	8	2
9	15	2
16	25	3
26	50	5
51	90	5
91	150	8
151	280	13
281	500	20
501	1.200	32
1.201	3.200	50



PREFEITURA MUNICIPAL DE AIUABA

Início	Fim	Amostra
3.201	10.000	80
10.001	35.000	125
35.001	150.000	200
150.001	500.000	315
500.001		500

NBR 5426 com regime de inspeção severa, nível I

Com base na tabela da NBR 5426 pode-se concluir, por exemplo, que um projeto que possua 490 pontos de IP resultará em uma amostra inicial de 20 unidades.

B. Cálculo do tamanho da amostra inicial em relação a 2ª Condição

Para determinar o tamanho da amostra inicial de luminárias convencionais e de LED que deverão ser coletadas no sistema de IP, a metodologia de cálculo deverá perseguir a meta "95/10", ou seja, 10% de precisão a 95% de confiabilidade.

Deste modo, todas as incertezas relativas aos processos de amostragem, deverão ficar abaixo de 10% a 95% de confiabilidade.

Após a conclusão do processo de medição e verificação, deve-se constatar se a meta "95/10" foi atingida. Caso contrário, deve-se ampliar a amostra.

Considerando que a ampliação de amostras significa, em geral, aumento de custo, aconselha-se adotar um valor inicial de amostra, ligeiramente, superior ao estimado pelas equações estatísticas (10% a mais), de modo que os equipamentos adicionais disponíveis contribuam para o atendimento da meta de precisão estabelecida no processo de M&V.

Na hipótese de, mesmo cumprindo as orientações, constatar, após a conclusão do processo de medição e verificação, que a meta de precisão desejada "95/10" não foi atingida, ou seja, a taxa de incerteza supera a taxa de 10% de precisão a 95% de confiabilidade, deve-se justificar as razões para o NÃO atingimento da meta inicial.

I. Cálculo do tamanho inicial da amostra (n_0)

$$n_0 = \frac{z^2 * cv^2}{e^2}$$

Onde:

Valor padrão da distribuição normal (z) =

1,96



PREFEITURA MUNICIPAL DE AIUABA

Coeficiente de variação das medidas (cv) =	0,5
Precisão desejada (e) =	0,1
n_0 =	96,04

II. Cálculo do tamanho inicial da amostra ajustada (n):

$$n = \frac{n_0 * N}{n_0 + N}$$

Onde, para um exemplo de 490 pontos de IP eficientizados teremos:

n_0 =	96,04
N (Total de pontos eficientizados) =	490
n =	80,60

Considerando a pertinência de aumentar, ligeiramente, o tamanho da amostra inicial em razão da necessidade de atendimento a meta de incertezas estabelecidas no processo de M&V que no caso é de "95/10", sugere-se que o tamanho da amostra inicial ajustada sofra um acréscimo que deve obedecer a seguinte regra:

$$n_{final} = (n * 10\%)$$

Onde, para um exemplo de 490 pontos de IP eficientizados teremos:

n =	80,60
% de acréscimo na amostra inicial ajustada =	10%
n_{final} =	88,66
n_{final} =	89

III. Cálculo do tamanho da amostra PRÉ-RETROFIT por subconjunto:

N: Tamanho da população		490
N1: Quantidade de pontos do subconjunto 1	VS 400W	262
N2: Quantidade de pontos do subconjunto 2	VS 100W	228



PREFEITURA MUNICIPAL DE AIUBA

Proporcionalmente tem-se:

$$n_1 = \frac{N_1}{N} * n = \frac{262}{490} * 89 = 47,58 \text{ amostras}$$

$$n_2 = \frac{N_2}{N} * n = \frac{228}{490} * 89 = 41,44 \text{ amostras}$$

Logo:

n1: Pontos a serem medidos no subconjunto 1	VS 400W	48
n2: Pontos a serem medidos no subconjunto 2	VS 100W	41

IV. Cálculo do tamanho da amostra PÓS-RETROFIT por subconjunto:

N: Tamanho da população		490
N1: Quantidade de pontos do subconjunto 1	LED 180W	380
N2: Quantidade de pontos do subconjunto 2	LED 120W	110

Proporcionalmente tem-se:

$$n_1 = \frac{N_1}{N} * n = \frac{380}{490} * 89 = 69,02 \text{ amostras}$$

$$n_2 = \frac{N_2}{N} * n = \frac{110}{490} * 89 = 19,97 \text{ amostras}$$

Logo:

n1: Pontos a serem medidos no subconjunto 1	LED 180W	69
n2: Pontos a serem medidos no subconjunto 2	LED 120W	20



PREFEITURA MUNICIPAL DE AIUBA

1.2.1.2. Tamanho da amostra para medições de grandezas luminotécnicas PÓS-RETROFIT ("in loco")

I. Definição de Cenário/Padrão

Trata-se de um conjunto de logradouros/praças (avenidas, ruas, travessas e/ou espaços para pedestres) localizados na área de abrangência do projeto que a partir de semelhanças físicas do espaço urbano, e, também de semelhanças luminotécnicas do sistema de iluminação pública existente, são agrupados em um "cenário/padrão" típico, que representa todos os logradouros/praças contido neste respectivo agrupamento para efeito de projeto.

Características que são consideradas para efeito de agrupamento em "cenários/padrões":

Classificação da via face à NBR 5101 (V1, V2, V3, V4 e V5), classificação dos passeios face à NBR 5101 (P1, P2, P3 e P4), largura da via, largura dos passeios, existência ou não de canteiro central, arranjo dos postes (bilateral, unilateral, dentre outros), largura de vão entre postes, afastamento do poste ao meio fio, dimensão do braço e altura de montagem da luminária.

Um "cenário/padrão" poderá conter um ou mais logradouros/praças, logo esta metodologia facilita a elaboração do projeto luminotécnico na medida que o resultado de uma única simulação luminotécnica (Dialux Evo), relativo a um único "cenário/padrão", representará o projeto luminotécnico de um conjunto de radouros/praças.

II. Tamanho da amostra para Medição Luminotécnica PÓS-RETROFIT ("in loco")

O tamanho da amostra a ser contemplada com serviços de Medição e Verificação – M&V, "in loco", após a ação de eficiência energética, deverá respeitar a regra a seguir:

- a) Número total de amostras: **12 unidades**;
- b) A distribuição das amostras pelos padrões/cenários estabelecidos no projeto luminotécnico será determinado pelo contratante com o auxílio técnico da contratada;
- c) Preferencialmente, todos os padrões/cenários deverão ser contemplados com, no mínimo, uma medição luminotécnica;
- d) O serviço de Medição e Verificação Luminotécnica deverá ser realizado "in loco" pelo responsável contratado para realizar o processo de M&V;



PREFEITURA MUNICIPAL DE AIUBA

- e) O responsável pelas medições, poderá, previamente, solicitar apoio ao município para sinalizar e/ou interromper o trânsito em trechos dos logradouros beneficiados, visando preservar a segurança de todos;
- f) O responsável pelas medições deverá possuir e disponibilizar todos os equipamentos necessários ao processo de medição, inclusive, o de EPI para uso próprio;
- g) O responsável pelas medições deverá, previamente, informar ao município o período e o local das medições visando permitir o planejamento e acompanhamento das ações.
- h) Todos os resultados medidos, "in loco", deverão ser planilhados e organizados em arquivo digital para futura entrega ao contratante.
- i) O responsável pelas medições deverá fotografar as atividades realizadas ao longo do processo de medição e verificação, com o objetivo de produzir "evidências" de consumação de todo o processo.
- j) As fotos deverão ser inseridas nos quadros apresentados mais adiante neste documento.