

Medição & Verificação

Principais conceitos e aplicações

Conteúdo elaborado por:

Gustavo Vaz Gontijo – Vaz Gontijo Consultoria

Data:

09 de abril de 2021

Moderação



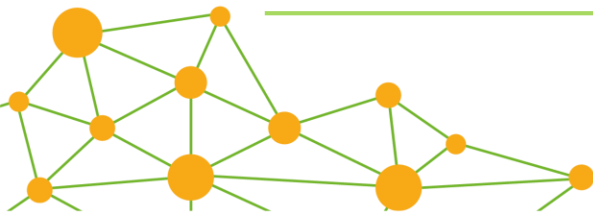
Coordenação



Realização



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



Este material é integrante do
Acervo Técnico da



Acesse o acervo completo em
<http://www.mme.gov.br/redee/>



Moderação



Coordenação



Realização



Por meio de:



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA





Introdução

O que é Medição & Verificação?





O que é Medição e Verificação?

Medição & Verificação (M&V)

Processo de planejar, medir, coletar e analisar dados para o objetivo de verificar e determinar a economia de energia em uma instalação individual resultante da implementação de AEEs.

Fonte: PIMVP 2016 Conceitos Básicos (Glossário)





O que é Medição e Verificação?

A M&V é utilizada quando é necessário determinar a economia de energia. Casos clássicos de uso são:

- Projetos de Eficiência Energética
- Contratos de desempenho
- Chamadas Públicas das distribuidoras
- Monitoramento em SGEs





Motivação



O que motiva a adoção da Medição & Verificação é a necessidade de **determinar** se a ação de eficiência energética está tendo os resultados esperados.

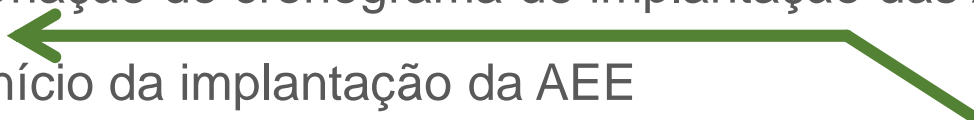




Quando iniciar?

Exemplo do roteiro sugerido pela RedEE:

1. Execução do diagnóstico energético
2. Identificação das possíveis AEEs
3. Análise de viabilidade das AEEs para selecionar ou descartar
4. Criação do cronograma de implantação das AEEs selecionadas
5. Início da implantação da AEE



AQUI!

**OU MESMO
AQUI!**





Quando iniciar?

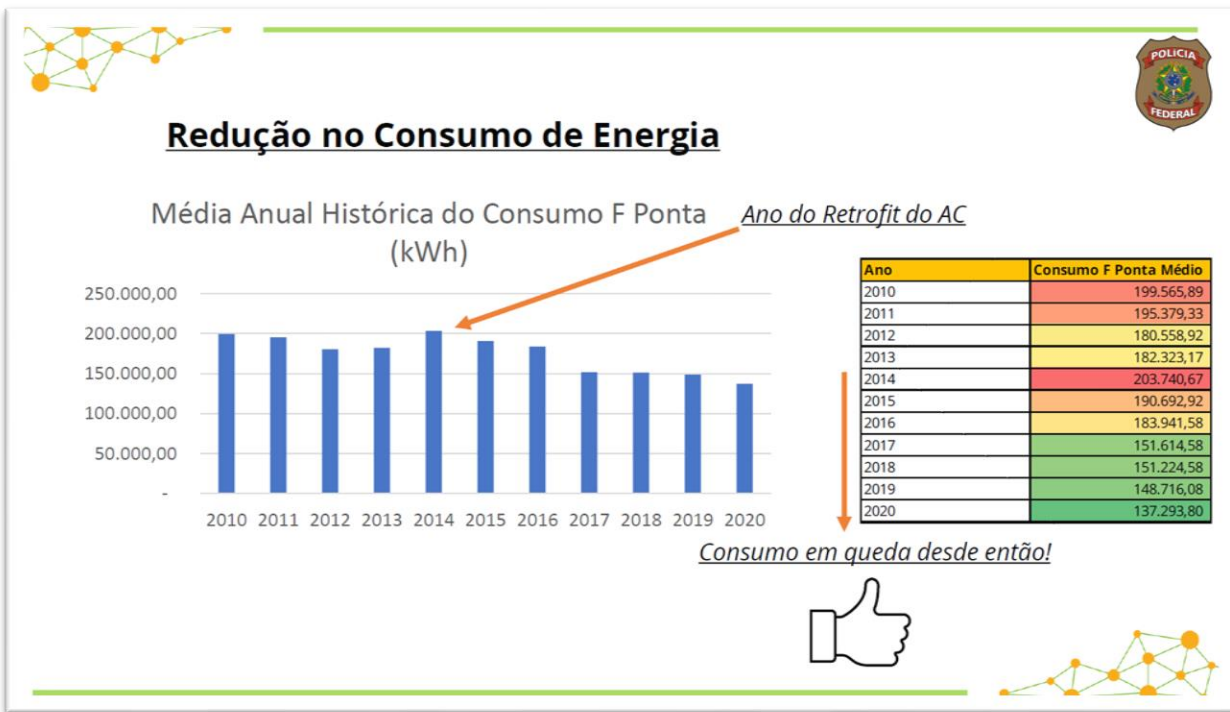
O momento exato do início do processo de M&V depende da resposta à seguinte pergunta:

Como **medir** a redução de consumo desta ação específica?





Como medir a redução de consumo?



Fonte: Eficiência Energética na Polícia Federal. Apresentado no 3º Encontro Virtual da RedEE, em 29/05/2020.





Voltando à pergunta



Como **medir** a redução de consumo desta ação específica?





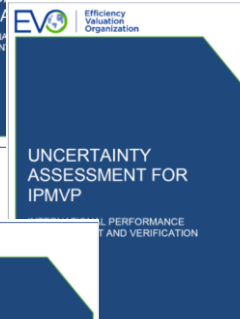
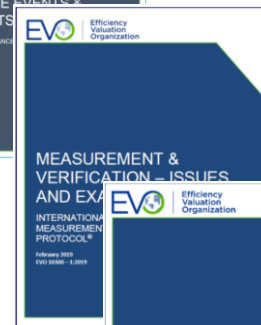
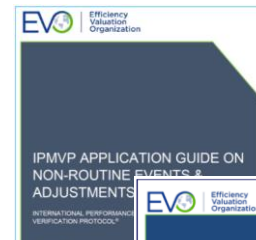
O PIMVP



Certified Measurement & Verification Professional



CONCEITOS BÁSICOS
 PROTOCOLO INTERNACIONAL DE MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO DE PERFORMANCE®
 Setembro 2017
 EVO 10000 – 1:2016 (BR)





O que se busca

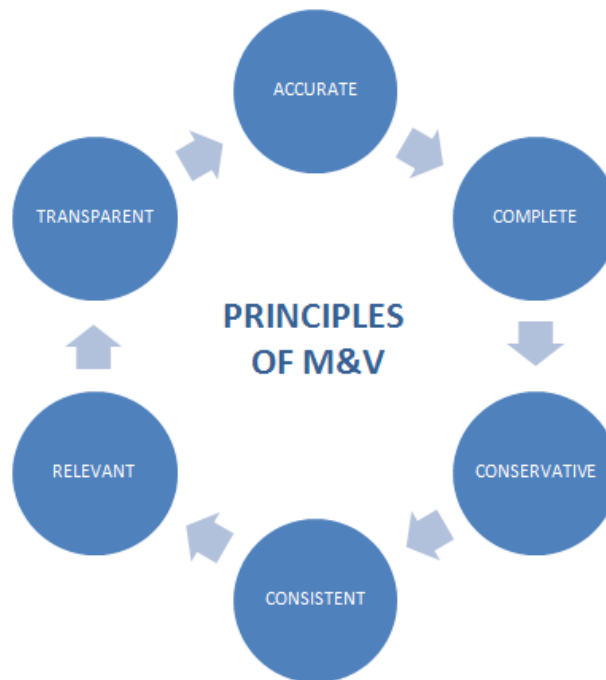
O que se quer é saber qual seria o consumo nas condições atuais, se a ação de eficiência energética não tivesse sido feita.

»» CONSUMO EVITADO ««





Princípios da M&V



Fonte: EVO. Principles of M&V. Disponível em <https://evo-world.org/en/m-v/principles-of-m-v>





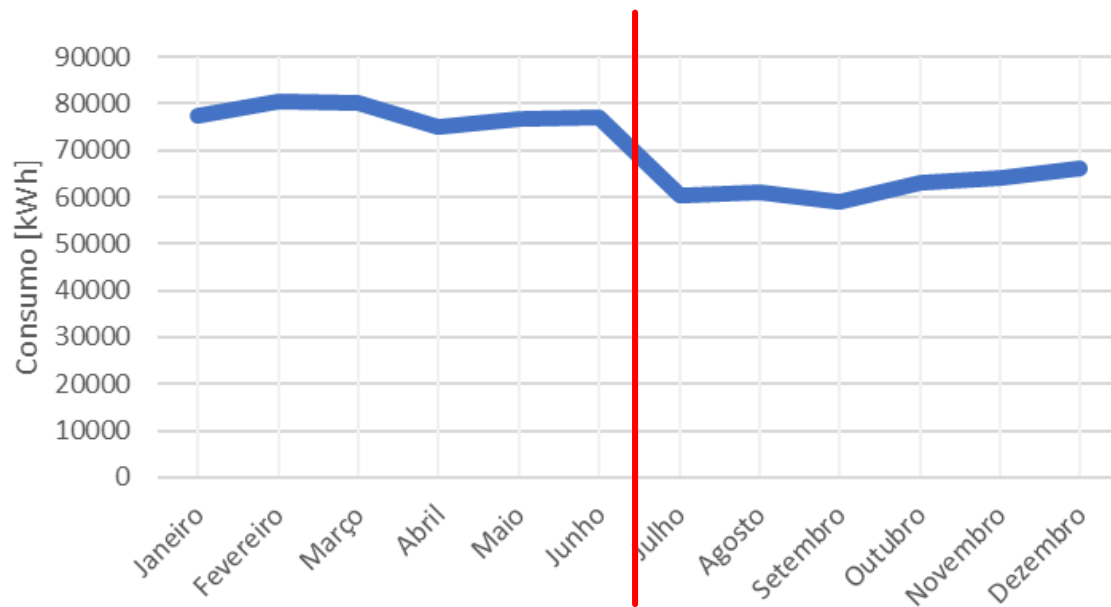
Determinando a economia

Como determinar o consumo evitado?





Medição da energia consumida



Ao medir a energia consumida, é isso que obtemos.

Qual foi a economia nesse caso?

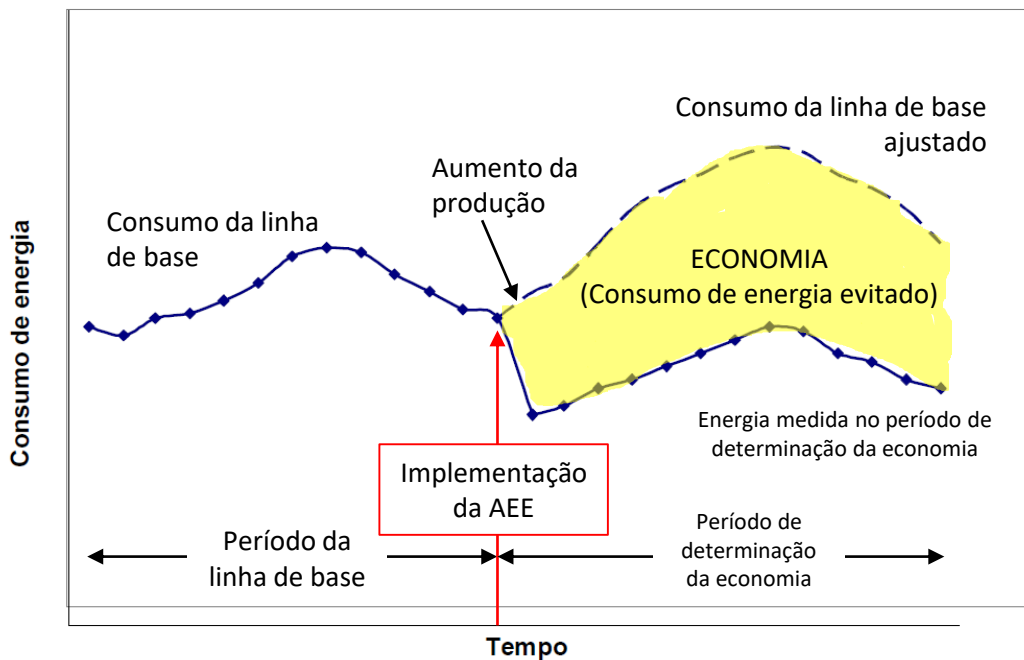


Implementação da AEE





Determinando a economia





Equação básica da M&V

$$\begin{array}{c} \text{ECONOMIA} \\ \text{OBTIDA} \end{array} = \begin{array}{c} \text{Energia dada} \\ \text{pela linha de} \\ \text{base ajustada} \end{array} - \begin{array}{c} \text{Energia do} \\ \text{período de} \\ \text{determinação} \\ \text{da economia} \end{array} + \begin{array}{c} \text{Ajustes} \end{array}$$





Linha de base

Como construir o modelo matemático da linha de base?





Linha de base

O conceito da **variável independente**

- Devem ser identificadas as variáveis que afetam o consumo de energia no sistema que vai receber a AEE.
- Exemplos:
 - A temperatura externa afeta diretamente o consumo do sistema de condicionamento de ar.
 - A ocupação de um hotel afeta diretamente o consumo de energia da lavanderia.
 - A produção em uma fábrica afeta diretamente o consumo de energia do compressor de ar.





Linha de base



Elabora-se uma equação que relacione as variáveis independentes com a energia consumida, do tipo:

$$Energia = c + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + \dots$$

- Os termos x_n representam as variáveis independentes.
- O termo c representa a parcela do consumo que não varia com as variáveis escolhidas.





Linha de base

- As equações da linha de base normalmente são obtidas através de regressões lineares.
- A qualidade da regressão deve ser verificada de acordo com os parâmetros estabelecidos no PIMVP.





Linha de base

- A equação da linha de base se torna o **modelo** do sistema anterior.
- Ela é uma representação de um sistema físico que não existe mais.
- Existem **fatores estáticos**: Mudanças no cenário podem requerer ajustes da linha de base.





Linha de base

Depois de elaborada a equação da linha de base, aplicam-se nela os valores das variáveis independentes do período da determinação da economia para identificar qual seria o consumo se a AEE não tivesse sido implementada.





Exemplo de aplicação

Determinando a economia na prática!

Exemplo no Excel





Conceitos básicos





Conceitos básicos

- Fronteiras de medição
- Período da Linha de Base
- Período de Determinação da Economia
- Variáveis independentes
- Fatores estáticos
- Ajustes da Linha de Base
- Efeitos interativos





Opções do PIMVP

O que medir? E por quanto tempo?





Opções do PIMVP

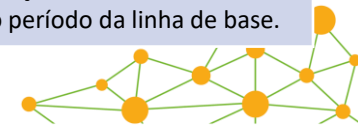
- Existem 4 opções para se determinar a economia de energia (A, B, C e D).
- Diferem entre Medição de toda a instalação ou Medição isolada da AEE.
- Diferem na seleção de parâmetros a serem medidos e parâmetros a serem estimados





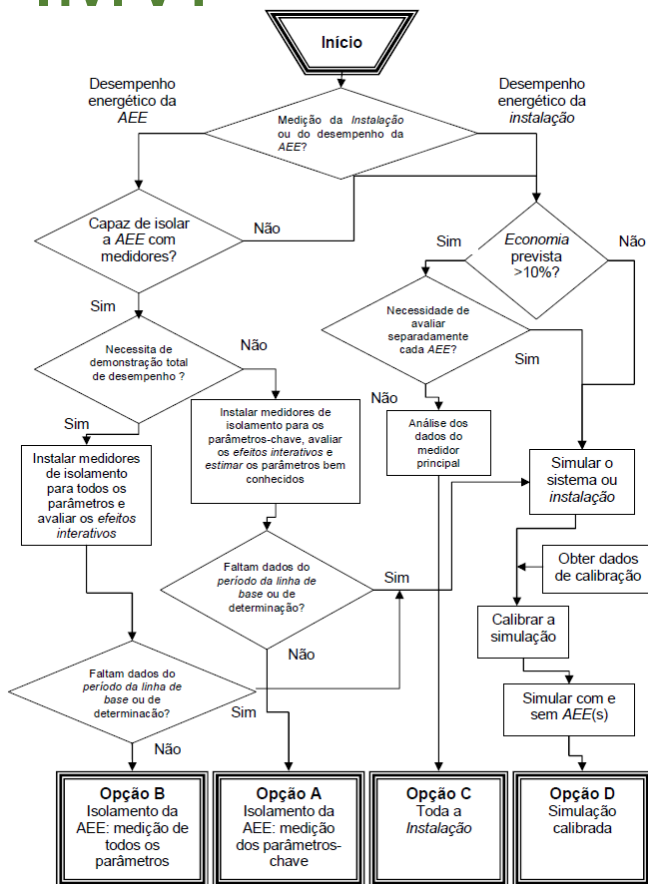
Opções do PIMVP

	Definição	Cálculo da economia	Aplicação típica
A	<ul style="list-style-type: none">• Medição apenas dos parâmetros chave dos sistemas afetados pela AEE.• Frequência de medição: curto prazo ou contínua.	<ul style="list-style-type: none">• Cálculo de engenharia da energia da linha de base e do período de determinação da economia.• Ajustes de rotina e não de rotina.	<ul style="list-style-type: none">• AEE de iluminação, com potência medida e horas de operação estimadas.
B	<ul style="list-style-type: none">• Medição de todos os parâmetros dos sistemas afetados pela AEE.• Frequência de medição: curto prazo ou contínua.	<ul style="list-style-type: none">• Medições da energia dos períodos da linha de base e de determinação da economia.• Ajustes de rotina e não de rotina.	<ul style="list-style-type: none">• Instalação de inversor de frequência em motor, para ajustar a vazão de bomba.
C	<ul style="list-style-type: none">• Medição do consumo de energia pelo medidor da concessionária.• Frequência de medição: contínua.	<ul style="list-style-type: none">• Análise dos dados do medidor da concessionária nos períodos da linha de base e de determinação da economia.• Ajustes de rotina e não de rotina.	<ul style="list-style-type: none">• AEEs múltiplas, afetando vários sistemas energéticos em uma instalação.
D	<ul style="list-style-type: none">• Simulação computacional do consumo de energia de toda a instalação (ou parte dela).	<ul style="list-style-type: none">• Simulação do consumo de energia calibrada com dados horários ou mensais da conta de energia.	<ul style="list-style-type: none">• AEEs múltiplas, afetando vários sistemas energéticos em uma instalação.• AEEs em instalações onde não havia medidores no período da linha de base.





Opções do PIMVP



Fonte: PIMVP 2012 Volume 1 (Capítulo 4)





Opções do PIMVP



Características do projeto da AEE	Opção sugerida			
	A	B	C	D
Necessidade de avaliar individualmente as AEEs	X	X		X
Necessidade de avaliar apenas o desempenho energético de toda a instalação			X	X
Economia prevista inferior a 10% do medidor da concessionária	X	X		X
A importância de algumas variáveis determinantes do padrão de uso da energia não é clara		X	X	X
Os efeitos interativos da AEE são significativos ou não podem ser medidos			X	X
Muitas alterações futuras previstas dentro da fronteira de medição	X			X
É necessária uma avaliação do desempenho energético a longo prazo	X		X	
Dados do período da linha de base indisponíveis				X
Pessoal sem formação técnica deve compreender os relatórios	X	X	X	
Competência de medição disponíveis	X	X		
Competências de simulação por computador disponíveis				X
Experiência de leitura das faturas de energia de concessionárias e realização de análise de regressão disponíveis			X	

Fonte: PIMVP 2012 Volume 1 (Capítulo 4)





Incerteza e custos

Quanto custa chegar na precisão requerida?





Incerteza e custos

Fontes de incertezas:

- Instrumentação (calibração, processo de medição)
- Modelagem matemática
- Amostragem (física e temporal)
- Efeitos interativos
- Estimativa de parâmetros





Incerteza e custos

O custo da M&V depende de muitos fatores:

- Opção selecionada
- Nível de detalhe na obtenção da linha de base
- Quantidade e complexidade dos instrumentos
- Duração do período de determinação da economia
- Precisão requerida (incerteza aceitável)





Incerteza e custos

Não existe uma regra estabelecida, mas, normalmente, se trabalham com um limite típico de custos com M&V não superiores a 10% da economia prevista.





Realização:



Por meio da:



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

