

# **INTRODUÇÃO AO USO DA MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO DE ECONOMIAS DE ENERGIA NO BRASIL**

**Novembro de 1997**

**Preparado pelo  
INEE - Instituto Nacional de Eficiência Energética  
Rio de Janeiro**

**Apoio  
Hagler Bailly/USAID  
PROCEL/Eletróbrás**



# Apresentação

O INEE preparou este relatório inicial sobre a medição e verificação de economias de energia com o apoio do PROCEL - o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica administrado pelo Eletrobrás - e do Hagler Bailly Consulting, no âmbito do “Energy Efficiency Project” da U.S. Agency for International Development. Os autores são Alan Douglas Poole e Fernando Milanez, ambos do INEE.

O relatório é a primeira etapa de um trabalho iterativo de analisar, adaptar e disseminar metodologias desenvolvidas no exterior para medição, verificação e monitoramento de economias de energia. A segunda etapa - o aprofundamento deste documento num Manual sobre M&V - contará com o apoio do PROCEL, da SEBRAE-RJ e do CEPEL - o Centro de Pesquisas do Setor Elétrico.

Ele pretende se inserir num esforço mais amplo de consolidar novas ferramentas para a prestação de serviços de eficiência energética no Brasil. Existe uma rede de instituições empenhando-se neste sentido sob a coordenação do PROCEL. Incluem as Secretarias de Estado de Energia de São Paulo e da Bahia, a Agência para Aplicação de Energia de São Paulo, a International Energy Initiative e ABESCO - Associação Brasileira de Empresas de Serviços de Conservação de Energia.

É importante destacar a continuidade deste trabalho que deve envolver um número crescente de profissionais e instituições. O INEE entende que o processo de adaptação e adoção das ferramentas da M&V e outras relacionadas levará tempo. Reconhece e agradece o compromisso das instituições citadas acima e seus profissionais apoiando este esforço com uma visão do futuro. Para suas contribuições à preparação deste primeiro documento, os autores ficam agradecidos também aos consultores norte-americanos John Cowan, Frederick Day e Richard Mazzuchi, Gregory Kats do USDOE e Péricles Pinheiro Filho.

## Sobre o INEE

O INEE - Instituto Nacional de Eficiência Energética, organização não governamental sem fins lucrativos foi criado em 1992. Sediado no Rio de Janeiro, reúne 90 profissionais e instituições no país interessados em fomentar a transformação e o uso eficiente, de todas as formas de energia. O objetivo do INEE é de reduzir imperfeições de mercado, melhorando o grau de informação sobre o tema e sua relação com outras, como meio ambiente, qualidade e produtividade e apoiando a criação de normas, regulamentos e legislação. Atua através da promoção de programas, projetos e eventos.

O INEE atua como um fórum de comunicação entre os atores-chaves para atingir o objetivo de otimizar o uso de energia. Seu trabalho é realizado em harmonia com agentes oficiais e privados que tratam de cada uma das formas de energia, aproveitando sua flexibilidade operacional, tratamento multidisciplinar e articulação com organizações internacionais assemelhadas.

Maiores informações sobre a organização, sócios e atuação do INEE podem ser obtidos no homepage: <http://www.ax.apc.org/~inee>. Lembramos que o novo endereço do INEE é:

Av. Presidente Wilson, 164, 13º andar  
20.030-020 - Rio de Janeiro - RJ - Brasil  
Fone: (021) 532 1389/252 2540  
Fax: (021) 252 2540

E-mail: [inee@ax.apc.org](mailto:inee@ax.apc.org)

# Índice

<b>1. Introdução .....</b>	<b>5</b>
1.1. Porque Medição e Verificação? .....	5
1.2. Protocolos de M&V .....	7
1.3. Escopo do Trabalho .....	9
<b>2. Metodologias de M&amp;V e Sua Escolha .....</b>	<b>11</b>
2.1. Abordagem Geral da M&V em Retrofits .....	11
2.2. Opções Básicas .....	12
2.3. Fatores na Escolha de Opções .....	14
<b>3. Implementando M&amp;V nos Projetos .....</b>	<b>20</b>
3.1. Tarefas e Etapas na Preparação de um Plano de M&V .....	20
3.2. Planos de Medição e Monitoramento .....	21
3.3. Estabelecendo o “Baseline” .....	22
3.4. Verificação do Potencial de Desempenho e Comissionamento .....	23
3.5. Cálculo das Economias Realizadas .....	23
<b>4. Condicionantes Brasileiros .....</b>	<b>25</b>
4.1. Clima .....	25
4.2. Tarifação e Medições pelas Concessionárias de Energia .....	26
4.2.1. Estrutura tarifária .....	26
4.2.2. Procedimentos na tarifação .....	29
4.3. Técnicas Usuais de Medição Utilizadas pelas ESCOs .....	31
4.4. Condições e Normas Existentes para Prédios Comerciais .....	34
4.4.1. Técnicas de iluminação e níveis de iluminância pela Norma Brasileira .....	34
4.4.2. Sistemas de Condicionamento de Ar e Ventilação (Norma Brasileira) .....	35
4.4.3. Sistemas de abastecimento predial de água: caixas de água inferior e superior) .....	38
4.4.4. Condições do envólucro .....	38
4.5. Correções das Medições .....	38
<b>5. Exemplos Genéricos de Aplicações .....</b>	<b>40</b>
5.1. Opção A: Iluminação .....	41
5.2. Opção B: Elevação de Água .....	41
5.3. Opção C: Economias Interativas .....	43
5.4. Opção D: .....	44
<b>6. Desenvolvendo o Protocolo de M&amp;V para o Brasil .....</b>	<b>45</b>

# 1. Introdução

## 1.1. Porque Medição e Verificação?

Investir em eficiência energética é uma oportunidade para o Brasil conseguir, ao mesmo tempo, grandes benefícios econômicos e ambientais. O potencial economicamente viável para reduzir perdas de energia certamente é grande, apesar dos estudos para seu dimensionamento ainda estarem incipientes. Por exemplo, nos prédios comerciais é comum encontrar um conjunto de medidas com um retorno de investimento inferior a 3 anos que reduz a conta de energia em até 40% ou mais, sem prejudicar o conforto dos ocupantes.

Uma parte importante da demanda crescente para serviços energéticos (como iluminação, força motriz, refrigeração, etc.) pode ser “suprida” por medidas de eficiência com custos e investimentos menores que a expansão equivalente da oferta de energia. Resultam também em mais emprego, menos importações e impactos ambientais menores. Estas características trazem benefícios ao país como um todo.

Ao mesmo tempo, investir em eficiência energética traz benefícios aos donos de instalações específicas - como sugere a citação acima. Para as empresas, os benefícios energéticos muitas vezes estão ligados a melhorias gerais na qualidade e/ou na produtividade das suas operações.

No entanto, os proprietários das instalações enfrentam diversas barreiras à racionalização energética - “imperfeições do mercado” - que muitas vezes impedem a realização dos ganhos potenciais. Em muitas destas situações, prestadores de serviços de efficientização podem fazer uma contribuição decisiva à implementação efetiva das medidas.<sup>1</sup>

Assim, em alguns países industrializados começou a surgir um expressivo setor de prestação de serviços de conservação de energia. O crescimento trouxe inovações importantes na comercialização dos serviços, como no financiamento e nos tipos de contrato. Uma parte fundamental desta evolução foi o aprimoramento de contratos de desempenho garantido ou de risco.<sup>2</sup> Nestes o prestador do serviço garante a realização de um determinado nível de economia e é remunerado pelo fluxo de ganhos obtidos do projeto. As empresas que oferecem este tipo de contrato foram chamadas de ESCOs (“Energy Service Companies” em inglês e Empresas de Serviços de Conservação de Energia, em português).<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> As barreiras do mercado e o papel de novos agentes em mitigá-las estão discutidas em INEE, “Os Caminhos da Eficiência Energética no Brasil”, relatório preparado para o ESMAP/Banco Mundial, Rio de Janeiro, 1995.

<sup>2</sup> Em inglês é “energy savings performance contract”, referindo à garantia do nível de desempenho. No Brasil, popularizou-se primeiro o termo “contrato de risco”, que destaque o risco assumido nesta garantia. Neste artigo usará-se o termo “contrato de risco”. A sigla em inglês - ESPC - mudou de EPC na literatura anterior para evitar confusão com “Engineering, Procurement & Construction”, um outro tipo de contrato usado no setor energético.

<sup>3</sup> Uma introdução a este novo setor é: R.D. Cudahy and T.K. Dreesen, “A Review of the Energy Service (ESCO) Industry in the United States”, relatório da NAESCO para o Banco Mundial, Washington DC, 1996.

No Brasil o mercado para serviços de conservação de energia recentemente começou a crescer também. Estima-se que o volume de projetos foi de quase US\$ 20 milhões em 1996 e que será significativamente maior em 1997. No entanto, o volume atual de projetos e investimentos está muito abaixo do potencial do mercado. Quase todos os projetos foram executados com contratos tradicionais de preço fixo. O uso de contratos de risco ainda está na sua infância. A disseminação desta nova modalidade de contrato pode responder a alguns dos problemas que dificultam o crescimento do mercado - como confiança dos consumidores e acesso ao financiamento<sup>4</sup>. Por sua vez, estabelecer procedimentos de medição e verificação das economias é fundamental ao conceito do contrato de risco.

Quando as empresas investem em eficiência energética, elas naturalmente desejam saber quanto economizaram e por quanto tempo a economia permanecerá. Se a planta foi construída para gerar energia, as medições são triviais - instalar um medidor. Entretanto, estimar as economias resultando da aplicação de uma “medida de conservação de energia” (MCE) é um desafio, especialmente para os fins de um contrato. Trata-se da ausência do uso de energia em relação ao padrão antes da implementação da medida. Necessita, simultaneamente, de medição e de metodologia reproduzível aceita pelas partes envolvidas, como o proprietário da instalação, o instalador (a ESCO) - e, talvez, o financiador (p.ex. um banco ou uma concessionária).

O sucesso de projetos de eficientização pode ser comprometido se o comprador e vendedor não concordarem num plano adequado de medições e verificação dos ganhos. Para facilitar o consenso sobre os procedimentos é muito útil ter um Protocolo de Medição e de Verificação (M&V). Um protocolo apresenta uma guia imparcial dos pontos que devem ser considerados e um elenco de metodologias e procedimentos para quantificar os ganhos alcançados pelas medidas contratadas. Orienta as partes sobre fatores na escolha da metodologia mais adequada, a alocação e gestão de riscos, a investigação e resolução de desentendimentos e outros aspectos importantes na relação entre comprador e vendedor que são relevantes à determinação dos resultados alcançados.

Na determinação de normas para M&V há um conjunto de atividades ditas “convencionais” e outro de “não convencionais”. Entre as convencionais estão a aprovação do projeto, a verificação da instalação completa e a operação adequada dos novos equipamentos e/ou sistemas especificados no contrato. Estas atividades são normais para quaisquer projeto de engenharia e da instalação de equipamentos.

Entre as atividades não convencionais estão:

- a verificação da precisão das condições pré-contratuais como especificadas no contrato entre o comprador e o vendedor,
- a verificação da quantidade de economias de energia e o custo da energia economizada que ocorre durante a vigência do contrato.

O enfoque principal é sobre as atividades “não convencionais”. Estas são estreitamente ligadas à preparação e execução de contratos de risco, que são o contexto mais exigente para realizar um plano de M&V. No entanto, um plano de M&V pode ser útil em outras situações, adaptando-se os

---

<sup>4</sup> Uma análise sintética da conjuntura do mercado e dos desafios para sua consolidação pode ser encontrado em: A.D. Poole e H. Geller, “O Novo Mercado de Serviços de Eficiência Energética no Brasil”, INEE e ACEEE, Rio de Janeiro, 1997.

procedimentos. Um exemplo é quando uma indústria executa internamente medidas de conservação e deseja saber os resultados do investimento.

O primeiro objetivo da M&V é verificar os ganhos. Isso pode (e deve) se inserir num objetivo mais amplo: a gestão do uso de energia. Central à gestão energética é o monitoramento, que muitas vezes vem associado a sistemas de maior controle de processo. O monitoramento e o controle podem por si só trazer importantes ganhos energéticos e muitas vezes são componentes de um projeto de efficientização. Ao mesmo tempo, um investimento em monitoramento pode aumentar a precisão da verificação sem acarretar custos maiores. O ponto de equilíbrio entre precisão e custo é um dos principais fatores na escolha de metodologia de M&V. Assim, apesar de ter objetivos operacionais distintos (e muitas vezes contabilidade distinta no projeto), a verificação e o monitoramento devem ser vistos de forma integrada ao desenvolver projetos. Na visão dos autores, o crescente investimento em sistemas de monitoramento e controle facilitará a aceitação da M&V.

Espera-se que num futuro não muito distante, ao conseguir economias maiores e mais confiáveis, os mercados financeiros venham responder com produtos financeiros que permitam a securitização dos projetos e conduza ao desenvolvimento de um mercado secundário de investimentos em eficiência, com disponibilidade crescente de financiamentos de baixo custo. Com isto os investimentos na eficiência podem crescer mais rapidamente com amplos benefícios para a sociedade.

## 1.2. Protocolos de M&V

Com o crescimento das ESCOs e programas de GLD<sup>5</sup> das Concessionárias de energia na América do Norte nos anos 80 surgiram várias tentativas de normalizar as metodologias de M&V. Houve inconsistências entre as abordagens, o que levou em 1994 a um esforço de harmonização. Este envolveu a cooperação entre agências de governo e especialistas nas indústrias de energia e de eficiência dos Estados Unidos, do Canadá e do México. Deste resultou a publicação do “North American Energy Measurement and Verification Protocol” - NEMVP em março de 1996. Esta primeira versão foi por sua vez modificada e expandida com uma participação internacional mais ampla para produzir a versão atual - o “International Performance Measurement and Verification Protocol” (IPMVP) - publicada em novembro de 1997.<sup>6</sup>

O IPMVP (e seu antecessor o NEMVP) não é principalmente um protocolo técnico. Ele complementa as informações fornecidas pelo trabalho do Comitê do GPC 14P da ASHRAE, denominado "Medições das Economias de Energia e de Demanda", cuja publicação está prevista para 1998. Em contraste com o documento da ASHRAE, que focaliza o aspecto tecnológico do relacionamento entre as medições e o equipamento sendo examinado, o IPMVP discute uma variedade de tópicos de M&V na forma como eles se relacionam com os reais contratos de risco. Pela própria estrutura e montagem os dois documentos tem áreas de sobreposição. Ambos estes níveis de normalização são importantes para a formulação de um plano de M&V adequado.

---

<sup>5</sup> Gerenciamento pelo Lado da Demanda é um conjunto de medidas tomadas pelas Concessionárias junto aos consumidores para influenciar o consumo de energia e o perfil da carga. Neste caso no inglês “demand” tem o significado de “procura” e não de potência elétrica.

<sup>6</sup> O IPMVP em inglês está disponível no homepage do INEE e no: <http://www.ipmvp.org/info/download.html>, para “download”.

O IPMVP é compatível também nos EUA com protocolos paralelos da EPA (Agência Ambiental Federal dos EUA) e do Programa Federal de Gerenciamento de Energia - FEMP. O primeiro permite incorporar os benefícios das externalidades ambientais em alguns casos. Seu alcance, na forma atual, deve ser limitado no Brasil, mas existem possibilidades adicionais: (1) em relação à água; (2) em relação aos “créditos de CO<sub>2</sub>” sendo considerados internacionalmente.<sup>7</sup>

O segundo, o FEMP (“Federal Energy Management Program”) foi estabelecido, em parte, para reduzir os custos de energia do governo ao operar as instalações federais com mais eficiência. As diretrizes do FEMP para M&V são uma parte do IPMVP destinada somente a projetos do setor federal e pretendem ser usadas pelo pessoal de compra e contém aqueles itens necessários ao esboço de uma licitação e à avaliação das respostas.<sup>8</sup> Será útil preparar protocolo(s) equivalente(s) no Brasil, visando os níveis federal, estadual e municipal da administração pública.

O IPMVP servirá também como uma referência em programas norte-americanos de classificação de novos prédios. Estes programas visarão premiar instalações que alcançam altos níveis de eficiência, o que deve aumentar seu valor no mercado imobiliário.<sup>9</sup>

Um aspecto do IPMVP que cabe destacar é que é resultado de um processo dinâmico que continuará. Além de modificar a apresentação das metodologias que constavam no NEMVP, ampliou-se o escopo para incluir água e questões em torno de instalações novas (até agora a M&V só foi aplicada no “retrofit” de instalações existentes). Novas edições serão publicadas periodicamente e novas áreas de aplicação serão incluídas. Entre estas estarão as tecnologias de uso distribuído de energia renovável e a de qualidade do ar no interior dos prédios.<sup>10</sup>

Não há, portanto, um Protocolo ou conjunto de Diretrizes “escrito em pedra”. Há vários protocolos em evolução dinâmica que tratam: (1) da tecnologia da medição; (2) das relações contratuais entre comprador (setor público e privado), vendedor e financiador (primário e secundário); (3) das diversas “interfaces” entre o uso da energia e da água e os impactos ambientais - tanto globais como dentro do local de trabalho. A diversidade dos campos de normalização reflete o alcance e ramificações da grande inovação que a M&V representa.

---

<sup>7</sup> Os “Conservation Verification Protocols (CVP)” da EPA são elaborados para identificar as economias de energia (eletricidade) a partir dos Programas de Gerenciamento pelo Lado da Demanda (“DSM”) instituídos pelas Concessionárias e que têm a finalidade de premiar os programas de redução de dióxido de enxofre, sob o Programa de Chuva Ácida da EPA. Para este fim os “CVP’s” são desenvolvidos para garantir que o EPA tenha bastante confiança em que as economias obtidas com os Programas de DSM sejam efetivas, sem sobrecarregar indevidamente as Concessionárias. Cópias podem ser obtidas contactando: EPA Acid Rain Division (6204J), 401 M Street; Washington, DC 20460.

<sup>8</sup> Uma cópia das diretrizes para o FEMP pode ser obtida contactando via internet: [brad.gustafson@hq.doe.gov](mailto:brad.gustafson@hq.doe.gov).

<sup>9</sup> Dois programas complementares estão sendo preparados para lançamento em 1998: (1) do “US Green Building Council” que inclui critérios não energéticos - contatar [rwatson@nrdc.org](mailto:rwatson@nrdc.org); (2) o programa “Energy Star” da EPA e o Departamento de Energia, que enfoque apenas energia - contatar Tom Hicks em [hicks.thomas@epamail.epa.gov](mailto:hicks.thomas@epamail.epa.gov) ou Dennis Clough em [dennis.clough@hq.doe.gov](mailto:dennis.clough@hq.doe.gov).

<sup>10</sup> O IPMVP resume a lógica da incorporação destas novas aplicações na secção 1.7. Para obter informações atualizadas, deve-se contactar via e-mail: (1) [arendt.doug@hq.doe.gov](mailto:arendt.doug@hq.doe.gov) para renováveis; (2) Richard Sextro no [rgsextro@lbl.gov](mailto:rgsextro@lbl.gov) para qualidade do ar.

### 1.3. Escopo do Trabalho

Acreditamos que a normalização e disseminação adequadas da M&V é uma das peças chaves para consolidar a prestação dos serviços de eficiência energética como negócio crescente no Brasil. O INEE vem se empenhando para que isto aconteça, junto com outras entidades (ver a Apresentação). Um ponto de partida importante é o conjunto de protocolos descrito acima, começando com o IPMVP. O processo de adaptação necessariamente levará tempo. Nesta fase inicial, há duas linhas de atuação.

Uma é a de facilitar o acesso aos protocolos originais em inglês e preparar traduções em português dos documentos mais importantes. O NEMVP já está disponível em português no homepage do INEE. O IPMVP está em vias de tradução.

A segunda linha é de preparar matérias didáticas que facilitem o entendimento dos princípios e significados deste novo assunto e orientem o leitor sobre a aplicação prática das metodologias nas condições brasileiras. Visa-se também estimular a discussão sobre as possíveis modificações formais numa versão brasileira do IPMVP ou de outros protocolos.

Este relatório é um passo inicial nesta segunda linha. Resume os procedimentos e principais aspectos das alternativas de metodologia de M&V para economias de energia em instalações existentes. Levanta fatores que condicionam sua escolha e aplicação no Brasil. O enfoque é sobre o uso de M&V nos contratos de desempenho (“performance contracts”) e nas instalações prediais. Isso segue a tendência dos protocolos internacionais. Reflete o fato de que até hoje a maior parte dos projetos com contratos de desempenho tem sido em prédios. No entanto, acreditamos que a aplicação de M&V na indústria é factível e deve ser um objetivo prioritário de desenvolvimento de metodologias comercialmente aplicáveis.<sup>11</sup>

Esta edição do relatório é um trabalho preliminar. Busca estimular a discussão e análise mais amplas de um assunto ainda exótico no Brasil. Os comentários serão bem vindos para a preparação de edições futuras.<sup>12</sup> Nestas, o escopo será paulatinamente expandido e serão incorporados exemplos práticos no Brasil na medida que aparecerem.

Pretende-se que, numa segunda fase, o desenvolvimento dos documentos siga duas vertentes: por um lado, a elaboração de um “Manual” para M&V, com orientações tecnológicas mais detalhadas (de certa forma juntando os universos do IPMVP e do trabalho da ASHRAE). Apesar deste Manual não ter o status de um protocolo, já deverá ser útil como referência em contratos e seus anexos sobre o plano de M&V. Sua elaboração deverá influir naturalmente no processo de adaptação do IPMVP e de outros protocolos (como por exemplo um protocolo específico ao setor público).<sup>13</sup>

A segunda vertente é de criar uma série de cartilhas mais simples, direcionadas a públicos específicos como categorias de consumidores (prédios e mais tarde processos industriais), agentes financiadores ou concessionárias. É importante que estes atores no mercado sejam apresentados aos conceitos.

---

<sup>11</sup> O INEE preparará junto com SEBRAE-RJ planos pilotos de M&V em casos simples para sete setores de indústria.

<sup>12</sup> Comentários podem ser enviados aos autores no INEE pelo correio, fax ou e-mail.

<sup>13</sup> A primeira edição deste Manual está prevista para o segundo trimestre de 1998, com financiamento do PROCEL e CEPTEL.



## 2. Metodologias de M&V e Sua Escolha

### 2.1. Abordagem Geral da M&V em Retrofits

As economias de energia serão determinadas ao comparar os usos de energia antes e depois da implementação de Medida(s) de Conservação de Energia (MCE). O “antes” é chamado de condição (“situação” ou “modelo”) pré-contratual (“baseline model”).<sup>14</sup> O “depois” é chamado de condição (“situação” ou “modelo”) pós-instalação. De modo geral:<sup>15</sup>

$$\text{Economia de Energia} = \text{Uso Pré-Contratual (Baseline)} - \text{Uso Pós-Instalação}$$

Sendo que o uso de energia numa determinada instalação raramente é constante, outra forma de definir a economia de energia é comparar o uso pós-instalação com o uso *que teria acontecido sem a(s) MCE(s)*. Assim podemos dizer que a economia de energia é a *ausência de uso*. Infelizmente, medir a ausência de qualquer coisa é difícil. Ela apenas pode ser estimada.

A estimativa de economia de energia é feita a partir de medições antes e depois da MCE aplicada. Muitas vezes é preciso fazer ajustes aos resultados das medições para compensar as diferenças em algumas variáveis que influem na necessidade de serviços energéticos. No caso dos prédios, por exemplo, as variáveis principais são: (1) mudanças na taxa de ocupação, no uso de equipamentos ou na operação da instalação; (2) fatores externos, como o tempo (clima). Apesar destes ajustes ter embasamento científico, muitas avaliações são necessárias. Isso faz com que o processo se aproxime mais uma arte do que de uma ciência exata.

Para estar presente em um contrato de risco, a *arte* de quantificar as economias tem de ser reproduzível, para que possa garantir regularmente e consistentemente as economias. Este processo de M&V é fundamental na relação entre o cliente e a ESCO e deve ser especificado no contrato. Para um determinado projeto, vale aquela metodologia de M&V especificada no contrato.

Cada MCE ou local de aplicação de MCE terá um processo de verificação em separado para determinar suas economias. Para cada local ou projeto, os usos de energia no “baseline” e pós-instalação serão definidos usando uma combinação de medidas como:

- Cálculos de engenharia
- Medição e monitoramento
- Análise das Faturas da Concessionária
- Simulações em computador

Finalmente, os valores para certos fatores que afetam o uso de energia e as economias e que estejam fora de controle do ESCO, podem ser estipulados pelo cliente.

---

<sup>14</sup> Usaremos indiferentemente o termo em inglês e em português. Dependendo do contexto, refere-se ao modelo, condições ou consumo. Às vezes usa-se “baseline” apenas.

<sup>15</sup> Há algumas exceções menores à esta equação simples, envolvendo métodos que não utilizam inspeção ou medição no local antes da instalação (ver o IPMVP Seção 6)..

Há dois componentes básicos na aplicação da M&V aos projetos com contrato de risco:

1. Verificação do potencial de gerar economias das MCEs propostas. Isso significa que: (i) as condições pré-contratuais (“baseline”) foram definidas com precisão adequada; (ii) os equipamentos certos foram instalados, têm o desempenho especificado e o potencial de gerar as economias previstas.
2. Determinação das economias realmente alcançadas pelas MCEs aplicadas.

O componente de verificação do “potencial de gerar” economias se sobrepõe a muitas das atividades “convencionais” citadas acima (Seção 1.1). A melhor abordagem depende mais das características do projeto do que da opção de M&V escolhida. Por outro lado, a determinação das economias depende essencialmente da opção de M&V escolhida. Por essas razões o enfoque neste artigo é sobre a determinação das economias realmente alcançadas.

## 2.2. Opções Básicas

O objetivo de se definir as várias opções de M&V é permitir ter flexibilidade no custo e no método de avaliação das economias. As quatro abordagens gerais descritas sucintamente abaixo<sup>16</sup> variam em precisão e em custo de implementação.

É importante lembrar que todos os métodos para determinar economias são estimados. *O desempenho pode ser medido, as economias não.* As opções descritas foram criadas para satisfazer as necessidades de uma grande gama de contratos que usam as economias para determinar os pagamentos de financiamentos. É importante perceber as limitações, bem como o poder de cada método apresentado.

### ***Opção A: Abordagem do Consumo Estipulado; Verificação apenas de Potencial de Economia***

Os métodos da Opção A determinam as “economias alcançadas” pela verificação do potencial de gerar economias de um retrofit e multiplicando este valor por um fator (ou fatores) “estipulado”, como horas de operação. Por exemplo, os cálculos de engenharia envolvidas podem ser complementados por algumas medições pontuais. A Opção A é melhor aplicada a cargas individuais ou sistemas específicos num prédio, como sistema de iluminação ou resfriamento, onde as condições de “baseline” são bem entendidas e as horas de operação não são sujeitas a mudanças importantes.

Esta abordagem é própria para projetos onde ambas as partes concordam com pagamento não sujeito a flutuações devidas a variações na operação do equipamento. Os pagamentos devem estar sujeitos a variações baseadas em medições periódicas do desempenho do sistema (i.e. “o potencial de realizar economias”).

Todas as tecnologias que aumentam a eficiência do uso final podem ser verificadas com a Opção A. No entanto, a precisão desta Opção é inversamente proporcional à complexidade da medida. Assim,

---

<sup>16</sup> Mais detalhes na Seção 4.0 do IPMVP.

as economias de um simples retrofit de iluminação tipicamente serão estimadas com mais precisão do que as do retrofit de um “chiller”.

### ***Opção B: Abordagem do Consumo Medido***

Os métodos da Opção B são destinadas a projetos onde se deseja a medição contínua do desempenho de longo prazo. Nela as cargas individuais são continuamente monitoradas para determinar o desempenho e este é comparado às condições do “baseline” para determinar as economias. A Opção B envolve os mesmos procedimentos de verificação do potencial de gerar economias que a Opção A.

Este método isola o impacto dos retrofits dos outros fatores que influem o uso de energia na instalação. É apropriado quando o impacto das MCEs pode ser isolado na medição do uso da energia no(s) sistema(s) com retrofit. O uso desta metodologia exige cuidados especiais em relação ao tipo e colocação dos medidores. A medição isolada permite restringir a responsabilidade da ESCO apenas ao desempenho do sistema em pauta.

Todas as tecnologias de uso final podem ser verificadas com a Opção B. Entretanto, o grau de dificuldade e os custos associados à verificação aumentam proporcionalmente à medida que aumenta a complexidade da medição. Os dados recolhidos podem ser usados para melhorar ou otimizar a operação do equipamento em bases de tempo real, melhorando assim o benefício do retrofit.

### ***Opção C: Abordagem do Medidor Geral.***

Os métodos da Opção C determinam as economias realizadas no uso geral da energia numa instalação predial. Determina-se o valor das economias realizadas usando dados de medição da(s) concessionária(s) tirados ao longo do período do contrato de desempenho. Todos os usos energéticos do prédio são examinados para computar as economias possíveis. Esta metodologia consolida os impactos de todas as MCEs. Considera também o impacto de qualquer outro fator que influa no uso de energia no prédio, na operação ou nas condições de uso, sobre o(s) retrofit(s). Esta metodologia é tipicamente utilizada em situações de modernização global do prédio. Nesta abordagem, a ESCO é responsável pelo desempenho do prédio como um todo.

Todas as tecnologias de uso final podem ser verificadas com a Opção C. Esta opção pode ser usada em casos onde há um alto grau de interação entre os sistemas instalados de conservação de energia e/ou onde seja difícil a medição de componentes individuais de economias (como isolamento ou medições de envoltória). Avaliar as mudanças (que não as causadas por MCEs) é o maior desafio associado à Opção C, especialmente para contratos de longo prazo. Um exemplo é o crescimento vegetativo (“creep” em inglês) causada pela instalação de novos equipamentos, como sistemas de informática.

### ***Opção D: Abordagem de Simulação Calibrada***

Esta metodologia utiliza um modelo computacional que simula o uso de energia em cada aplicação de MCE na instalação. O modelo é calibrado no uso real durante o período do baseline. Depois, é ajustado para incorporar as mudanças nos parâmetros de operação resultado das MCEs. As economias são definidas como a diferença entre as simulações do baseline e da situação pós-instalação.

Nesta opção, os maiores desafios são a adequação do modelo de simulação e a precisão das calibrações. Para efetuar as calibrações são necessárias medições especiais, que poderão ser intermitentes ou permanentes. Na Opção D a ESCO é responsável apenas pelo desempenho do(s) parâmetro(s) previsto(s) no contrato.

Todas as tecnologias de uso final podem ser verificadas com a Opção D, se a porcentagem do ganho for maior que o erro associado à simulação. Esta opção pode ser utilizada com MCEs simples ou múltiplas; em situações de grande interação entre MCEs; ou onde a medição de algum componente importante das economias é difícil.

### **2.3. Fatores na Escolha de Opções**

O desafio da medição e verificação é encontrar o ponto de equilíbrio entre custos, precisão e capacidade de reprodução da M&V por um lado, e valor das MCEs, pelo outro. Cada uma das opções de M&V para retrofit descritas acima tem vantagens e desvantagens. São aplicáveis a diferentes tipos de contratos de desempenho. O cliente e a ESCO devem selecionar a opção de M&V e o método mais adequado para cada projeto e então preparar um plano específico que incorpore detalhes específicos do projeto.

A melhor opção de M&V para um projeto depende de diversos fatores, entre os quais são:

- o tamanho da economia em relação ao do uso total (limite mínimo permitido pelo “ruído” da imprecisão)
- o custo do monitoramento;
- a alocação de responsabilidades e riscos entre a ESCO e o cliente;
- o impacto de mudanças que ultrapassam a responsabilidade da ESCO (p.ex. crescimento vegetativo de carga em prédios)

A Tabela 2.1 fornece uma visão geral das opções e algumas características relevantes.

O nível de precisão requerido para verificar o desempenho potencial e real das MCEs variará de projeto para projeto. De modo geral os custos de medição e verificação são diretamente proporcionais ao nível de precisão exigido. O custo depende de:

- o nível de detalhe e o esforço associado com a verificação das condições pre-contratuais (“baseline”) e as pesquisas pós-instalação
- o número e a complexidade das variáveis dependentes e independentes que são medidas ou levadas em conta nas análises;
- o número de pontos de informação usados para medir equipamentos representativos
- a duração e a precisão das atividades de medição (incluindo o número de leituras);
- o custo de manutenção dos medidores.

**Tabela 2.1: Resumo das Opções de M&V em Retrofit**

	<b>Opção A : Abordagem do Consumo Estipulado</b>	<b>Opção B: Abordagem do Consumo Medido</b>	<b>Opção C: Abordagem do Medidor Geral</b>	<b>Opção D: Abordagem da Simulação Calibrada</b>
<b>Identificação pelo Procedimento Mais Comun</b>	Verificação do Desempenho pelo produto da diferença entre as potências antes e depois do retrofit, pelas horas de operação	Verificação das Economias pela utilização de medidores específicos (submedições) para cada uso final	Medições com o Medidor Geral de faturamento da Concessionária, identificando as economias obtidas por interação	Modelos matemáticos
<b>Verificação do Potencial de Gerar Economias</b>	dados da placa ou do fabricante medições instantâneas	Idem	Idem	Idem
<b>Condições de Uso da Opção</b>	Estipulação a partir da análise dos dados históricos ou dados de medição instantânea ou de curto prazo	Medições de curto prazo ou contínuas no nível do equipamento ou sistema	Medição com medidor geral da instalação (da Concessionária ou não)	Simulação dos componentes do prédio e/ou de todo prédio
<b>Frequência de Leitura</b>	-	Mensal, diária ou horária	Mensal, diária ou horária	horária em modelo matemático
<b>Cálculo das Economias</b>	Cálculos de engenharia	Cálculos de engenharia	Utilização do medidor de faturamento da Concessionária; simulação em computador	Simulação calibrada; por exemplo, modelos de simulação para prédio
<b>Custo</b> <i>(ver observações no texto, a seguir)</i>	Dependente na quantidade de pontos de medição: tipicamente de 1 a 5% do custo do projeto	Dependente da quantidade de sistemas medidos: tipicamente de 3 a 10% do custo do projeto	Dependente da quantidade de parâmetros relativos: tipicamente de 1 a 10% do custo do projeto	Dependente da quantidade de sistemas envolvidos na simulação; tipicamente de 3 a 10% do custo do projeto
<b>Tipo de projeto e responsabilidade da ESCO</b>	Retrofit de 1 uso final; responsabilidade limitada à este uso final.	Retrofit de 1 uso final em cada sub-medidor; responsabilidade limitada a estes usos finais	Retrofit de 1 ou mais usos finais; consideradas as interações; responsabilidade em toda a energia consumida na instalação	Retrofit de 1 ou mais usos finais; consideradas as interações; responsabilidade para parâmetros assumidos
<b>Precisão esperada</b> <i>(ver observações no texto)</i>	± 20%	± 10%	± 20%	± 10%
<b>Verificações necessárias</b>	Se as condições iniciais foram corretamente definidas; se o equipamento contratado foi realmente instalado (quantidade, qualidade e potência); se o equipamento está com o desempenho previsto e se ele se mantém durante o prazo do contrato	Além das anteriores, determina as economias durante a vigência do contrato	Idem	Idem
<b>Fatores de correção para Mudanças na</b>	Embutidos nos valores estipulados	Quase sempre desnecessários (problema: crescimento vegetativo)	Sempre necessários (variações climáticas)	Desnecessários em função da formulação

<b>Instalação</b>				
-------------------	--	--	--	--

Fontes: IPMVP, edição de 1997. John Cowan, *Monitoring Energy Savings: An Overview Workshop for Owners*, para Natural Resources Canada, Toronto, 1996.

A **precisão esperada** é, na verdade, uma função das diferentes variáveis envolvidas e não apenas um número único para cada Opção. Um especialista norteamericano (Reddy Claridge) tornará público em 1998 um gráfico<sup>17</sup> em que uma família de curvas de precisão (“incertezas nas economias”) plotada contra o tempo de monitoramento (“meses de monitoramento das economias”) mostrando que, a precisão:

- aumenta com o tempo de monitoramento;
- é diretamente proporcional à economia esperada, medida como um percentual da energia consumida e
- é inversamente proporcional à dispersão (percentual) dos dados utilizados.

O **custo da M&V** normalmente é tratado como custo de projeto pela ESCO. Os fatores que afetarão o nível de gastos de M&V justificados, são:

- 1) Valor das MCEs em termos de economias projetadas
- 2) A complexidade das MCE
- 3) O número de MCEs e o grau em que as economias são interrelacionadas
- 4) A incerteza das economias
- 5) A alocação de risco entre ESCO e o cliente para alcançar as economias
- 6) Outros usos para os dados de MCE e sistemas

Passamos a discutir cada fator brevemente.

### ***1) Valor das MCEs em termos de economias projetadas.***

A escala do projeto, as tarifas de energia, a duração do contrato, as abrangências das MCEs, as formas de compartilhamento dos benefícios e a magnitude das economias, tudo isto pode afetar o valor do contrato. O esforço de M&V deve ser comparado ao valor do contrato de modo que o valor das informações fornecidas pela atividade de M&V seja apropriado ao valor do contrato.

Suponhamos por exemplo que um projeto tenha economias esperadas de R\$100,000 por ano e que se acreditava numa boa estimativa de mais ou menos vinte por cento (20%), ou R\$20,000 por ano. Assim, pode ser razoável despende-se R\$10,000 para trazer a determinação efetiva das economias para uma faixa de precisão de mais ou menos dez por cento ( $\pm 10\%$ ). Entretanto, não será razoável gastar-se R\$30,000 por ano se o valor dos resultados não compensar o preço pago.

Como regra geral, os custos de M&V devem estar dentro das médias listadas no Tabela 2.1. No Brasil o custo de equipamento de medição é sensivelmente mais elevado que na América de Norte. Isso pode influir no ponto de equilíbrio custo/precisão.

### ***2) A complexidade das MCEs.***

Os projetos de MCEs mais complexas geralmente requerem métodos de M&V mais complexos e dispendiosos para determinar as economias de energia. Entretanto, não é sempre o caso. Em geral, a complexidade da separação das economias é o fator crítico. Por exemplo, uma medida complicada de

---

<sup>17</sup> Informação apresentada por John Cowan em novembro, 1997, no *III Workshop Internacional sobre ESCOs..*

CAVA<sup>18</sup> pode não ser de difícil acesso se houver a medição da concessionária exclusiva ao sistema de CAVA.

Para definir as necessidades apropriadas de M&V para um dado projeto, é útil colocar esses projetos sob uma das seguintes categorias - listadas em ordem crescente de complexidade:

- Carga constante, horas de operação constantes
- Carga constante, horas de operação variáveis
  - ◊ Horas variáveis com uma forma fixa de distribuição no tempo
  - ◊ Horas variáveis sem uma forma fixa de distribuição no tempo, i.e., dependente da estação do ano
- Carga variável, horas de operação variáveis
  - ◊ Horas ou carga variáveis com uma forma fixa de distribuição no tempo
  - ◊ Horas ou cargas variáveis sem uma forma fixa de distribuição no tempo, i.e., dependente da estação do ano

### ***3) Número de MCEs e o grau em que suas economias estão interrelacionadas.***

Se há várias MCEs sendo instaladas num único local, as economias de cada medida podem estar, até certo ponto, relacionadas às economias de outra(s) medida(s) ou outras atividades que não de MCEs na instalação, i.e., efeitos interativos entre iluminação e medidas de CAVA, ou medidas de controle de CAVA e a substituição do chiller. Nestas situações, provavelmente não será possível isolar e medir um sistema para determinar as economias.

Entretanto, desconhece-se a relação detalhada entre a maioria das MCE's diferentes mas interativas e os métodos para medir estes efeitos não são de custo efetivo na maioria das aplicações. Por estas razões, os pagamentos de projetos de MCE's com efeitos interativos serão tipicamente:

- feitos sobre economias diretamente relacionadas com as MCE's que estão sendo avaliadas,
- incluirão alguns fatores interativos estipulados, ou
- calculados com base nas análises da Opção C, ou
- determinados com a simulação matemática da Opção D.

No Brasil, a interação em prédios geralmente será mais simples, devido à falta de aquecimento previsto para o inverno.

### ***4) Incerteza das Economias.***

A importância da M&V frequentemente é ligada à incerteza associada com as economias estimadas de energia ou de custo. Se um dado projeto de MCE é semelhante a outros projetos que tenham economias já documentadas, os resultados de M&V podem ser obtidos deste outro projeto. Se a ESCO especifica a condição do “baseline”, pode ser mais adequado usar as Opções B ou C de M&V para verificar as economias.

### ***5) Divisão do Risco entre a ESCO e o Cliente.***

---

<sup>18</sup> CAVA é a sigla para sistemas de condicionamento de ar, ventilação e aquecimento nos prédios.

Igualmente, se uma ESCO não é responsável por determinados aspectos do desempenho do projeto, estes “aspectos” não necessitam ser medidos ou verificados. O contrato deve especificar como os pagamentos serão determinados e exatamente quais grandezas devem ser verificadas. Por exemplo, as variações nas horas de operação do prédio durante o período do contrato podem ser um risco que o cliente aceita. Conseqüentemente, as horas de operação não necessitam ser continuamente medidas para fins de pagamento. Neste exemplo, a Opção A pode ser adequada.

Por outro lado, deve ser adotada a abordagem do Medidor Geral (Opção C) quando a ESCO é responsável pelo uso total de energia no prédio.

#### ***6) Outros usos para Dados e Sistemas de M&V.***

Freqüentemente, o conjunto de instrumentação instalado, as medições coletadas e o sistema computacional para a M&V podem ser usados para outras finalidades. As mais importantes são: comissionamento, otimização do sistema e sintonia fina, diagnósticos energéticos e operacionais, alarmes e controle. Estas outras finalidades poderão contribuir para maiores economias, sendo portanto consideradas parte do próprio retrofit. Podem, assim, reduzir o custo efetivo das atividades de M&V. Adicionalmente, há o possível interesse em quantificar as economias além dos requisitos do contrato de risco.

## 3. Implementando M&V nos Projetos

### 3.1. Tarefas e Etapas na Preparação de um Plano de M&V

As atividades de M&V podem ser divididas nas seguintes tarefas:

- Definir uma abordagem geral de M&V para ser incluída no acordo entre o comprador e o vendedor de serviços de energia.
- Definir um plano específico para o projeto que está sendo instalado, tão logo o projeto tenha sido completamente definido, geralmente após a assinatura do contrato.
- Definir a condição de “baseline” da instalação, incluindo: i) equipamento/sistemas, ii) o uso de energia pré-contratual e iii) os fatores que influenciam o uso de energia pré-contratual.
- Definir a condição pós-instalação incluindo: i) equipamentos/sistemas; ii) uso de energia pós-contratual; iii) fatores que influenciam o uso da energia pós-contratual.
- Calcular as economias de energia para o primeiro ano ou todos os anos remanescentes do contrato. É a base de calcular os pagamentos do primeiro ano.
- Conduzir as atividades anuais de M&V para verificar a operação dos equipamentos/sistemas instalados e/ou cálculo das economias de energia do ano corrente (se especificado em contrato). Neste serão baseados os cálculos dos pagamentos anuais.

As etapas na definição de um plano de M&V, que podem ser iterativas, incluem:

1. Identificar metas e objetivos.
2. Especificar as características da instalação e da(s) MCE(s).
3. Especificar a metodologia de M&V a ser utilizada.
4. Especificar os procedimentos de análise, suposições e necessidades de informações.
5. Especificar os pontos e períodos de medição e normas de medição e análise.
6. Especificar os procedimentos para assegurar precisão e qualidade das informações.
7. Especificar a documentação dos resultados e relatórios.
8. Definir o orçamento.

É conveniente determinar no início do processo se o uso de energia e se os parâmetros chaves, como horas de operação, são constantes ou variáveis. Este fato influirá na complexidade da M&V (ver “Complexidade das MCEs” na Seção 2.3).

A abordagem da M&V deve ser estabelecida antes do projeto começar. Mudanças na metodologia de M&V podem afetar a viabilidade de algumas MCEs. Deve haver acordo sobre o grau de incerteza esperado nas economias e o custo adicional d, M&V antes de haver gastos substanciais no desenvolvimento dos projetos de retrofit.

Um momento crucial é o da assinatura do contrato entre o cliente e a ESCO. No contrato devem ser estipulados os seguintes itens.

- a) O período a ser considerado no baseline e o modelo matemático para descrevê-lo.
- b) As metodologias de medição e de computação das economias. (Para a computação deve-se especificar todos os passos do cálculo, não apenas citar um software).

- c) O método para calcular o valor financeiro das economias físicas e para tratar as eventuais mudanças nos preços dos energéticos.
- d) O momento de iniciar o registro das economias (p.ex.: ao assinar o contrato, na ocorrência da primeira economia, ou no comissionamento de todas as MCEs).
- e) A alocação dos custos para ajustes especiais devidos a mudanças na instalação (muitas vezes os recursos serão de responsabilidade do cliente).

Durante a implementação do projeto haverá um plano de M&V para o(s) retrofit(s) - também aprovado pelo cliente. Neste plano de implementação podem ser especificadas eventuais mudanças de procedimentos de M&V, resultantes de análise mais profunda da instalação.

É relativamente comum subestimar o custo e esforço necessários para executar um plano de M&V. É importante projetar estes parâmetros realisticamente. É melhor executar bem uma metodologia de M&V menos precisa (e mais barata) do que executar mal uma metodologia teoricamente mais exata.

### **3.2. Planos de Medição e Monitoramento**

Um plano específico de M&V deve demonstrar que qualquer medição e monitoramento será feito de maneira consistente e lógica. Os relatórios de medição e monitoramento devem dizer exatamente o que foi medido, como, com que, quando e por quem. A calibragem dos sensores e medidores para padrões conhecidos é necessária para assegurar que os dados coletados sejam válidos. As informações do projeto e dados medidos devem ser mantidos em formatos usáveis. Dados "brutos" e "compilados" devem ser submetidos ao cliente com os relatórios pós-contratual e os de intervalos regulares.

O período de duração da medição e monitoramento deve ser suficiente para assegurar uma representação precisa do valor médio da energia consumida pelo equipamento alvo, antes e após a execução do projeto. As medidas devem ser tomadas em saídas típicas do sistema, dentro de um intervalo de tempo especificado, como por exemplo, um mês. Estas medições podem então ser extrapoladas para determinar o consumo de energia anual e nas horas de funcionamento.

A duração requerida do período de medição depende do tipo de projeto.

- Se, por exemplo, o projeto é um sistema que opera de acordo com um planejamento bem definido sob uma carga constante, como um motor de velocidade constante, o período requerido para determinar as economias anuais pode ser curto. Neste caso, as economias de energia de curto prazo podem ser facilmente extrapoladas para o ano inteiro.
- Entretanto, se o uso da energia no projeto varia de acordo com o dia e a estação do ano, como equipamento de ar condicionado, deve ser necessário um período de medição e monitoramento mais longo para caracterizar o sistema. Neste caso, são usados dados de longo prazo para determinar as economias de energia anual e nas horas de funcionamento.
- Para alguns tipos de projeto, os períodos de tempo de medição podem ser incertos. Por exemplo, ainda há controvérsia sobre o período em que as horas de operação da iluminação de um edifício de escritórios devem ser medidas para se ter uma indicação representativa das horas de operação anuais. Para estas situações, é preciso um acordo entre as partes do projeto para determinar o período apropriado de medição para as MCE's em consideração.

Se o consumo de energia varia de mais de 10% de um mês para outro, devem ser feitas as medições necessárias para registrar estas variações. Quaisquer variações maiores no consumo de energia devido a aumentos de atividade sazonal ou flutuações periódicas também devem ser monitoradas. Se estas variações não puderem ser monitoradas por qualquer razão, elas devem ser incluídas nos dados de consumo anual de energia através de ajustes matemáticos acordados entre as partes.

A extrapolação pode ser usada para medição e normalização do consumo de energia como uma função de algum parâmetro independente como temperatura, umidade, tipo de produto ou quantidade de produção. Uma vez estabelecida a relação entre o consumo do equipamento e o(s) parâmetro(s), então a extrapolação pode ser feita pela expansão da relação ao período de um ano. Entretanto, um plano de M&V específico deve identificar as variáveis críticas, explicar como elas serão medidas ou documentadas e discutir como serão usadas na extrapolação. Adicionalmente, devem ser claramente estabelecidas as suposições e as fórmulas matemáticas usadas no plano de M&V.

### **3.3. Estabelecendo o “Baseline”**

As condições pré-contratuais (baseline) podem ser definidas tanto pelo cliente como pela ESCO. De qualquer forma as seguintes informações devem constar do contrato, para todo o período do baseline:

- consumo e demanda de energia em cada medidor
- histórico do uso da instalação (por exemplo, taxa de ocupação do prédio)
- histórico da operação dos equipamentos (por exemplo, falhas no suprimento de energia elétrica)
- histórico de fatores externos relevantes que influem o uso da energia (em prédios são importantes as variações climáticas exteriores).

As condições físicas pré-contratuais, tais como registros contábeis dos equipamentos, dados da placa, média de consumo de energia e estratégias de controle serão determinadas por meio de pesquisas, inspeções e/ou atividades de medição instantânea ou de curto prazo.

Um modelo matemático correlacionará o uso de energia em cada medidor com as variáveis independentes mais importantes (p. ex. clima e/ou modo de operação). Cada analista terá sua maneira para determinar a melhor relação matemática; não há uma única relação correta. No entanto, se a correlação é exatamente 100,0% para o período do baseline (como deve ser) é difícil para a ESCO introduzir uma tendência sistemática a seu favor. Por exemplo (no caso dos prédios), ninguém pode prever as condições do tempo para vários anos.

O período do baseline deve incluir todos os regimes de operação da instalação, o que normalmente exige pelo menos um ano de informações completas. Por outro lado, a necessidade de ter informações de alta qualidade pode limitar o período do baseline ao máximo de um ano. Até na América do Norte registros e memórias exatas da operação da instalação frequentemente são falhas para um prazo maior. Há também a questão do tratamento do tempo de negociação entre a ESCO e o cliente, que muitas vezes supera um ano.

### 3.4. Verificação do Potencial de Desempenho e Comissionamento

Como já observado no item 2.1, o potencial de desempenho (realizar economias de energia) é um componente importante da M&V. As atividades ocorrem desde a determinação do “baseline” até periodicamente depois a instalação.

O potencial de desempenho pode ser quantificado usando-se vários métodos, cada um dependendo das especificações de precisão do contrato. O desempenho do equipamento pode ser obtido tanto diretamente, i.e., através de medições, ou indiretamente, i.e., através do uso de dados fornecidos pelo fabricante. Poderá haver diferenças consideráveis entre as informações publicadas e os dados reais de operação. Onde houver discrepâncias, ou pelo menos onde se supuser que existam, devem ser obtidos dados no local. A busca pode ser por medição instantânea em caso de carga constante. Medições de curto prazo de M&V podem ser usadas se o caso não é de carga constante.

Os equipamentos existentes no “baseline” e depois da instalação devem ser verificados com o mesmo nível de detalhe. Tanto formal como informalmente, todas as condições pré-contratuais de equipamentos devem ser verificadas para segurança e para concordância com as condições de operação estabelecidas. Quase sempre são necessárias auditorias de campo.

Um marco importante é o comissionamento dos equipamentos/sistemas instalados. As atividades de comissionamento visam a verificação pela ESCO e pelo cliente se o equipamento/sistema apropriado foi instalado, se está em operação correta e se tem potencial para produzir as economias previstas.<sup>19</sup>

A ESCO e o cliente, a intervalos definidos durante o período do contrato, verificam se os equipamentos/ sistemas instalados estão sendo adequadamente mantidos, se continuam a operar corretamente e se conservam o potencial para produzir as economias previstas.

### 3.5. Cálculo das Economias Realizadas

Cada vez que uma MCE é executada a ESCO e o cliente determinam, continuamente ou a intervalos regulares, as economias de energia realizadas de acordo com o plano de M&V. Devido às variações de uso, ajustes são geralmente necessários. Há ajustes “rotineiros” e “não-rotineiros”.

Lembrando a fórmula geral da Seção 2.1, a igualdade básica para calcular economias de energia num determinado período é:

$$\text{Economia de Energia} = \text{Uso no baseline projetado para o período pós-retrofit} - \text{Uso efetivo no período pós-retrofit}$$

Para esta formulação simplificada ser válida, é preciso que as condições de uso da energia sejam iguais nos dois períodos. No caso de um prédio comercial (o enfoque deste documento) a variação nas

---

<sup>19</sup> Edições atuais do ASHRAE's GPC-13 podem ser a base para as atividades de comissionamento. Ver por exemplo, Diretrizes para o Comissionamento de Sistemas CAVA, Diretriz ASHRAE 1-1989.

condições de uso serão basicamente pelos parâmetros do clima, da taxa de ocupação e, eventualmente pelo perfil energético dos ocupantes. Normalmente ajustam-se estes parâmetros no baseline para as condições do período efetivo do cálculo. São portanto “ajustes rotineiros”, feitos para qualquer cobrança normal durante o contrato.

A metodologia para determinar estes reajustes rotineiros deve ser definida no contrato e aceita pelas partes. Os ajustes devem ser o mais simples possível para maximizar a aceitação pelas partes. O grau de incerteza envolvido deve ser entendido tanto pelo pessoal técnico como pelo pessoal da área financeira/contábil do cliente.

Aumenta-se a simplicidade reduzindo o número de variáveis para ajuste. Estas variáveis devem ter um impacto importante nas condições de uso e os dados necessários devem ser disponíveis a baixo custo.

Além dos ajustes rotineiros, há de vez em quando ajustes não-rotineiros do baseline. Estes podem ser de natureza mais permanente (p.ex. muda-se a ocupação de um prédio) ou mais transiente (pane de equipamento). Estes ajustes não-rotineiros precisam de cálculos específicos. Normalmente quando se fala de “ajustes de baseline” na literatura, refere-se aos ajustes não-rotineiros.

## 4. Condicionantes Brasileiros

### 4.1. Clima

O Brasil está quase todo localizado no Hemisfério Sul; tendo como capitais extremas:

- Porto Alegre, capital do Estado do Rio Grande do Sul, próxima ao paralelo 30° Sul
- Boa Vista, capital do Estado de Roraima, próxima ao paralelo 5° Norte.

Sua localização permite que as temperaturas mínimas médias de inverno sejam amenas, como é apresentado para algumas capitais de suas diferentes regiões geográficas:

**Tabela 4.1**  
**Temperaturas mínimas médias no período 1961-1990 - °C<sup>20</sup>**

Região	Cidade	Estado	junho	julho	agosto
Sul	Porto Alegre	RGSul	11	11	13
Sul	Florianópolis	Sta Catarina	14	14	14,5
Sul	Curitiba	Paraná	13	13	14
Sudeste	São Paulo	São Paulo	12,5	12	12,5
Sudeste	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	18	18	18
Sudeste	Belo Horizonte	Minas Gerais	13	13	13,5
Centro Oeste	Campo Grande	Mato Grosso do Sul	15	14	16
Nordeste	Recife	Pernambuco	21,5	21	21
Norte	Manaus	Amazonas	23	23	23

As temperaturas extremas de inverno nas mesmas cidades, estão relacionadas na tabela abaixo.

**Tabela 4.2**  
**Temperaturas mínimas absolutas no período 1961-1990 - °C<sup>21</sup>**

Região	Cidade	Estado	junho	julho	agosto
Sul	Porto Alegre	RGSul	1	1	1
Sul	Florianópolis	Sta Catarina	3	2	2
Sul	Curitiba	Paraná	-3	< -5	-5
Sudeste	São Paulo	São Paulo	2	2	3,5
Sudeste	Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	12	13,5	13,5
Sudeste	Belo Horizonte	Minas Gerais	2,5	5	7,5
Centro Oeste	Campo Grande	Mato Grosso do Sul	2	1	<0
Nordeste	Recife	Pernambuco	17	16	15
Norte	Manaus	Amazonas	20	17,5	18

O que caracterizou as ocorrências foi a anormalidade dos valores: muito distantes das mínimas médias ocorridas no mesmo período e com frequência não significativa. *A análise das tabelas acima*

<sup>20</sup>Instituto Nacional de Meteorologia - endereço do site: "www.inmet.gov.br"

<sup>21</sup>idem anterior

*permite-nos configurar a inexistência de sistema de aquecimento ambiental no território brasileiro.*

Será necessário fazer um acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia para que estejam disponíveis os registros das temperaturas mínimas diárias de forma a estabelecer os fatores de correção. Registros dos últimos três anos também são necessários, para a determinação do “baseline” histórico. A experiência indicará se registros da umidade relativa deverão também ser usados nos fatores de correção.

## **4.2. Tarifação e Medições pelas Concessionárias de Energia**

### ***4.2.1. Estrutura tarifária***

Na estrutura tarifária adotada no Brasil há grandes diferenças nos preços pagos pelas diversas categorias de consumidores. Os valores extremos são:

- os grandes consumidores industriais que recebem energia em alta tensão (Subgrupos A1 e A2) ainda pagam uma tarifa relativamente baixa, abaixo de US\$35/MWh;
- os consumidores da classe comercial, que recebem a energia em baixa tensão (Subgrupo B3 - “Demais Classes”) pagam acima de US\$100/MWh.

Os valores indicados acima são os casos extremos de uma estrutura de preços formada por diferentes subgrupos classificados pelo nível de tensão em que recebem a energia elétrica:

- Subgrupos A1 a A3: tensões de transmissão (acima de 44 kV)
- Subgrupos A3a a A4: tensões de distribuição primária (de 2,3 kV a 44 kV)
- Subgrupos B: tensões de distribuição secundária (trifásica 220V/440V e monofásica 127V); na distribuição secundária a diferenciação é a partir dos tipos de consumidores:
  - ◇ B1: consumidor residencial
  - ◇ B2: consumidor rural
  - ◇ B3: consumidores das demais classes
  - ◇ B4: iluminação pública.

Os consumidores dos Subgrupos A1 a A4 são denominados “de alta tensão” e os dos Subgrupos B são denominados “de baixa tensão”. Há ainda o Subgrupo “AS”, cuja definição será dada adiante.

O acompanhamento exato da estrutura tarifária ficou mais complexo com a diferenciação e descentralização da determinação dos preços. Há diferenças também entre os valores de ICMS<sup>22</sup> aplicados às faturas pelos os Estados da Federação, .

Em 1982 foi instituída a opção tarifária na modalidade horosazonal. Esta é uma tarifa binômica com diferenciação para os horários de ponta (17h30min às 20h30min) do sistema e fora da ponta, assim

---

<sup>22</sup> Somada à tarifa básica de energia elétrica, a maioria dos consumidores paga o ICMS - Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e de Serviços, que varia de 15 a 20% dependendo do Estado e da categoria de consumidor. Assim sendo, o consumidor paga um preço mais alto que a tarifa básica comumente publicada. A maioria dos intermediários pode deduzir o ICMS pago, muito embora muitos não o façam.

como para as épocas de chuva (dezembro a abril) e de seca (maio a novembro). O primeiro parâmetro pesa muito mais do que o segundo, como pode ser verificado na análise das Tabelas 4.3 e 4.4 contendo as tarifas horosazonais da ELETROPAULO, a maior concessionária brasileira de distribuição de energia elétrica.

**Tabela 4.3**  
**Tarifa Horosazonal Azul da Eletropaulo, Abril de 1997**  
**A. Demanda (R\$/kW)**

Categoria de Consumo		Período Seco		Período Úmido	
Código	Características	Ponta	Fora-da-Ponta	Ponta	Fora-da-Ponta
A-1	230 kV ou mais	7,50	1,57	7,50	1,57
A-2	88 - 138 kV	8,07	1,87	8,07	1,87
A-3	69 kV	10,81	2,94	10,81	2,94
A-3a	30 -44 kV	12,62	4,23	12,62	4,23
A-4	2.3-25 kV	13,11	4,37	13,11	4,37
AS	Subterrâneo	12,70	6,71	12,70	6,71

**B. Consumo (R\$/MWh)**

Categoria de Consumo		Período Seco		Período Úmido	
Código	Características	Ponta	Fora-da-Ponta	Ponta	Fora-da-Ponta
A-1	230 kV ou mais	42,69	30,20	37,34	25,67
A-2	88 - 138 kV	45,24	32,42	42,21	29,74
A-3	69 kV	51,25	35,31	45,45	30,47
A-3a	30 - 44 kV	82,89	39,42	76,73	34,83
A-4	2.3-25 kV	85,95	40,87	79,54	36,11
AS	Subterrâneo	89,94	42,77	83,24	37,79

**Tabela 4.4**  
**Tarifa Horosazonal Verde da Eletropaulo, Abril de 1997**  
**A. Demanda (R\$/kW)**

Categoria de Consumo		Período Seco		Período Úmido	
Código	Características	Ponta	Fora-da-Ponta	Ponta	Fora-da-Ponta
A-3a	30 -44 kV	-	4,23	-	4,23
A-4	2.3-25 kV	-	4,37	-	4,37
AS	Subterrâneo	-	6,71	-	6,71

**B. Consumo (R\$/MWh)**

Categoria de Consumo		Período Seco		Período Úmido	
Código	Características	Ponta	Fora-da-Ponta	Ponta	Fora-da-Ponta
A-3a	30 - 44 kV	375,14	39,42	368,97	34,83
A-4	2.3-25 kV	388,92	40,87	382,54	36,11
AS	Subterrâneo	406,99	42,77	400,32	37,79

Duas modalidades de tarifas horosazonais são utilizáveis, dependendo da tensão de fornecimento e da e do fator de carga:

- “Tarifa Azul” recomendada para os consumidores com fator de carga igual ou superior a 65%, ligados nos níveis de tensão igual e superiores a 2,3kV (A4 a A1) e

- “Tarifa Verde” recomendada para os consumidores com fator de carga igual ou inferior a 65%, ligados nos níveis de tensão compreendidos entre 2,3kV e 44kV (A4 a A3a).

As tarifas horosazonais podem ser também utilizadas pelos consumidores com carga superior a 50kW ligados às redes de distribuição subterrânea em anel, com medição em baixa tensão (Subgrupo AS).

O amplo uso e disponibilidade de tarifas ligadas a horários de consumo apresenta oportunidades para as ESCO's, no sentido de ajudarem os consumidores a diminuir suas contas de luz através do gerenciamento da carga, e em alguns casos com a mudança do regime tarifário.

#### ***4.2.2. Procedimentos na tarifação***

Os procedimentos adotados na tarifação são diferentes, conforme os consumidores pertençam aos Subgrupos “A” (alta tensão) ou “B” (baixa tensão).

##### ***Consumidores dos Subgrupos “A”:***

São registradas as seguintes grandezas:

- demanda máxima horária (kW) - com períodos de medição de 15 minutos,
- consumo de energia ativa (kWh) e
- consumo de energia reativa (kVAr)

Para estes consumidores o faturamento é mensal, com intervalos entre leituras consecutivas de aproximadamente um mês. A fatura será entregue ao consumidor no período compreendido entre 12 e 20 dias após a leitura.

Desde que as alternativas tarifárias já foram identificadas anteriormente, cabe aqui completar indicando as penalidades previstas na legislação:

- na tarifação horosazonal, a aplicação das “tarifas de ultrapassagem” quando a demanda registrada ultrapassa em 10% a demanda contratada, no caso da Tarifa Verde, e em 5% a demanda contratada, no caso da Tarifa Azul e
- multa pela ocorrência de fator de potência fora dos valores limites.

##### ***Consumidores dos Subgrupos “B”:***

Para estes consumidores o faturamento também é mensal, podendo ser utilizadas leituras bimestrais ou trimestrais, com os faturamentos intermediários sendo feitos por média. É registrado apenas o consumo de energia ativa (kWh).

O tempo decorrido entre a leitura e o faturamento é muito importante quando se considera a eventual necessidade de correções nas MCE's introduzidas. Intervalos grandes poderão reduzir a eficácia das correções, distorcendo os resultados esperados. O problema poderá ser agravado com a demora da remessa, pelo consumidor, da cópia da fatura à ESCO, que deverá fazer as eventuais correções.

Devemos considerar também que se se manifesta uma tendência, pelo menos três meses de observação serão necessários antes das medidas corretivas. Quando ocorrerem leituras bimestrais ou trimestrais,

com os faturamentos intermediários sendo feitos por média, os resultados poderão estar totalmente mascarados, impossibilitando qualquer análise de tendência.

### 4.3. Técnicas Usuais de Medição Utilizadas pelas ESCOs

Para o desenvolvimento deste tema é fundamental que seja reiterada a afirmação de que as ESCO's brasileiras ainda se encontram, de modo geral, em estágio inicial. Como já foi dito anteriormente os serviços na área de energia são majoritariamente executados por consultores autônomos ou com empresas pequenas e, quase nunca, sob o regime de contratos de "performance" (também conhecidos como contratos de risco).

O que foi dito acima serve para caracterizar que apenas uma pequena parcela das empresas tem condições de adquirir equipamentos específicos para medição de resultados, considerando-se aqui como resultados, os valores de demanda e de consumo de energéticos (ou água).

Podemos afirmar, então, que:

1) serão utilizados predominantemente os equipamentos de medição das Concessionárias;  
2) para as medições complementares será dada preferência a equipamentos simples e portáteis; os mais comuns são:

- luxímetro para medição do nível de iluminação do sistema de iluminação;
- amperímetro alicate para medição de corrente nos circuitos elétricos da iluminação e dos motores;
- cronômetros para medição, ou cronógrafos para registro, dos tempos de operação dos sistemas;
- termômetros de bulbo seco e de bulbo úmido para medição das temperaturas nos sistemas de condicionamento de ar (psicrômetros);
- anemômetros para determinação das vazões dos ventiladores;
- tacômetros para determinação da rotação dos motores;
- manômetros para medição das pressões.

Dentro da mesma linha de raciocínio, admitimos que as medições deverão ser do tipo instantâneo ou de pequena duração e que, em muitos casos, os equipamentos de medição poderão não estar disponíveis, levando à utilização de informações obtidas dos catálogos técnicos dos fabricantes.

Devemos considerar ainda, que, como será relatado no item 4.4 a seguir, ganhos em retrofit de iluminação são ainda bastante significativos nos consumidores brasileiros, bem como eventuais ganhos obtidos com modificações simples no envólucro do prédio: isto conduz ao fato de que as ações interativas poderão produzir economias suplementares importantes.

As opções com medições contínuas individualizadas, que envolvem custos mais significativos e desconsideram os efeitos interativos serão, certamente, de uso mais restrito.

Para estas medições contínuas são empregados sistemas eletrônicos de registro e análise, alguns já fabricados no Brasil.

A título de informação, apresentaremos três conjuntos de equipamentos de medição para uso de ESCOS:

1. equipamentos portáteis para medição de grandezas mais comumente envolvidas em projetos com energia elétrica,
2. equipamento analisador de gases de combustão

3. equipamento registrador analisador de energia elétrica

***Equipamentos portáteis para medição de grandezas mais comumente envolvidas em projetos com energia elétrica<sup>23</sup>:***

<b>equipamento</b>	<b>escala</b>	<b>fabricante</b>	<b>preço</b>
luxímetro LX-103	0-50.000 lux	LUTRON	R\$120
amperímetro alicate DM-6057	0-2.000 A - até 500V	LUTRON	R\$195
medidor de horas T-18	10000h	DAVIS	R\$85
psicrômetro giratório 315-1C	-15 a +50 °C	WL	R\$330
termo-anemômetro AM-4204	0,2 a 40,00 m/seg	LUTRON	R\$497
tacômetro DT-2236	1 a 19999 rpm	LUTRON	R\$291
manômetro digital A0060IH	até 60" HGa	DAVIS	R\$854
wattímetro digital portátil DW 6060	200W 600W	LUTRON	R\$318
pirômetro infra-vermelho ST-2L	-18 +400 C	RAYTEC	R\$268

***Equipamento analisador de gases de combustão<sup>24</sup>***

<b>equipamento</b>	<b>escala</b>	<b>fabricante</b>	<b>preço</b>
Analisador portátil de combustão (C-100)	0 a 25% de volume de oxigênio	DAVIS	R\$1.376

***Equipamento registrador analisador de energia elétrica***

Neste caso, descreveremos o sistema fabricado pela ELO - Sistemas Eletrônicos S.A.<sup>25</sup>, formado por:

1. um medidor de grandezas (corrente, tensão, potência ativa, potência reativa e fator de potência), com mostrador para programação e visualização local, com interface para leitura remota - modelo ELO.631
2. um conjunto sensor de tensão e corrente em baixa tensão (três garras tipo jacaré e três transformadores de corrente tipo alicate) - ELO.533
3. cópia, com a licença de uso, do “programa de análise de grandezas”, para supervisão em tempo real, ou não, do comportamento das grandezas medidas - ELO.6000

Os preços<sup>26</sup> dos equipamentos são:

<sup>23</sup>Proposta de fornecimento INSTRUTHERM, F-5253/97 de 7/10/97 e F-5986/97 de 10/11/97 (INSTRUTHERM Instrumentos de Medição Ltda, Rua Souza Filho, 669 - 02911-060 - São Paulo - SP - fone 5511-876-7056 - fax 5511-876-1559)

<sup>24</sup> Proposta de fornecimento INSTRUTHERM, F-5986/97 de 10/11/97

<sup>25</sup>Rua Edu Chaves,547 - 90240-620 - Porto Alegre - RS - fone 5551-342-1732 - fax 5551-342-6722

ELO.631	R\$2.200,00
ELO.533	R\$2.100,00
ELO.6000	R\$351,00

---

<sup>26</sup>Proposta de Fornecimento ELO/0810-10/97, recebida por fax de 2/10/97; excepcionalmente o Conjunto (ELO631+ELO.533+ELO.6000) está sendo oferecido, na mesma proposta, pelo preço promocional de R\$3.000,00

## 4.4. Condições e Normas Existentes para Prédios Comerciais

### 4.4.1. *Técnicas de iluminação e níveis de iluminância pela Norma Brasileira.*

As novas técnicas de iluminação de interiores, as novas lâmpadas mais eficientes e com melhor resposta cromática, os reatores eletrônicos e os novos desenhos de luminárias, são de conhecimento do profissional brasileiro.

A utilização destes produtos mais eficientes, entretanto, ainda é reduzida, restringindo-se aos consumidores comerciais mais sofisticados, em projetos em que o custo da iluminação não é o custo predominante. O que está dificultando a penetração destes produtos é o seu alto preço, consequência de um mercado ainda muito restrito.

No caso das lâmpadas fluorescentes compactas, há o agravante decorrente da comercialização de produtos importados de qualidade duvidosa, fenômeno que reflete a carência de sistema de certificação de produtos ditos de maior eficiência.

Nos sistemas de iluminação geral comercial (escritórios e áreas de atendimento e/ou circulação de público) predomina a utilização de lâmpadas fluorescentes com potência nominal de 40W e bulbo T-12, com reatores eletromagnéticos de alto fator de potência, instaladas em calhas abertas para quatro lâmpadas, de reflexão média (pintura clara internamente).

A opção “mais eficiente” de maior utilização nestes mesmos sistemas é o formado por lâmpadas fluorescentes de potência nominal de 32W e bulbo T-8, com reatores eletromagnéticos de alto fator de potência, instaladas em calhas abertas para duas lâmpadas, de reflexão máxima (revestimento interno de película refletora). Os reatores eletrônicos ainda não estão muito difundidos por causa do preço ainda elevado.

O nível de iluminamento das instalações é regulamentado no Brasil pela Norma NBR 5413, denominada “Iluminância de Interiores”, emitida pela ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, em abril de 1992.

Ela “estabelece os valores de iluminâncias médias mínimas em serviço para iluminação artificial em interiores, onde se realizem atividades de comércio, indústria, ensino, esporte e outras”. A iluminância deve ser medida no campo de trabalho; na ausência de informação específica, ele deve ser considerado a 0,75m do piso. A medição das iluminâncias deve obedecer ao especificado pela Norma NBR-5382 da ABNT.

A Norma apresenta dois tipos de seleção do nível de iluminância medida em “lux”:

1. por classe de tarefa (tabela 1 - “Iluminância por classe de tarefa visual” e tabela 2 - “Fatores determinantes da iluminância adequada)
2. por tipo de atividade (listadas no item 5.3)

Para cada situação são apresentados três (3) níveis de iluminância: baixo, médio e alto. É recomendado o uso preferencial do valor médio e são apresentadas as situações em que os valores extremos devem ser preferidos.

Para o caso específico de escritórios (“Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios”), a Tabela 1 recomenda os níveis de 500lux - 750lux - 1.000lux (classe B: “Iluminação Geral para área de trabalho”).

Para as demais atividades comerciais, inclusive escritórios para atividades técnicas, a listagem do item 5.3 deve ser consultada, tal a variedade de situações apresentadas.

#### ***4.4.2. Sistemas de Condicionamento de Ar e Ventilação (Norma Brasileira)***

As condições climáticas predominantes no Brasil, como pode ser visto nas temperaturas mínimas apresentadas no item 4.1 (Clima), recomendam a utilização de sistemas de condicionamento de ar para todas as regiões durante período significativo ao longo do ano.

Os sistemas de ventilação têm, nas instalações comerciais, uma aplicação restrita à manutenção de condições mínimas de salubridade e/ou de segurança, entendendo-se como tal a exaustão de cozinhas e de sanitários, sendo, quantitativamente, pouco representativas.

Os sistemas de condicionamento e ar utilizados no Brasil são, quanto a equipamentos, divididos em dois tipos: (1) unidades individuais; (2) unidades centrais.

Os sistemas utilizando unidades individuais são aqueles em que a capacidade de cada unidade está compreendida entre 2.500 e 3.500 kcal/hora. A quantidade de unidades depende das características do local, sendo comum a associação de várias unidades. Estes equipamentos são de simples instalação, não aceitam rede de dutos e são de condensação a ar com contato direto com o exterior. Estes equipamentos são muito populares, com preços acessíveis e podem ser adquiridos em lojas de eletrodomésticos.

Algumas unidades de capacidade média de 6.000kcal/hora, permitem a separação do circuito de resfriamento, para espaço interno sem contato com o exterior. Pequenas redes de dutos são aceitáveis. Não são muito difundidos.

Os sistemas centrais de condicionamento de ar são aqueles que permitem soluções de melhor nível técnico, com adequado controle de temperatura e umidade. São preferencialmente utilizados nas instalações comerciais de maior porte.

As tecnologias de resfriamento utilizadas são, listadas pela eficiência crescente:

- self-contained (condensação a ar ou água)
- chiller
- centrífugas
- expansão direta
- sistema com termoacumulação

Para estes sistemas foi elaborada a Norma NBR 6401, denominada “Instalações centrais de ar-condicionado para conforto - Parâmetros básicos de projeto”, emitida pela ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, em dezembro de 1980. A Norma determina que:

- será aplicada na “elaboração de projetos de instalações de unidades com capacidade individual a partir de 9.000kcal/hora”,
- “casos especiais, como hospitais, computadores e outros, serão objeto de normas específicas”.

Sob o ponto de vista deste documento, esta Norma é fundamental para a caracterização das diversas temperaturas envolvidas no processo de determinação das economias de energia, no processo de M&V.

Na indicação das condições internas de conforto ela as define diferentemente para verão e inverno, sendo que as “condições internas para verão” (Tabela 4.5-A) variam com a destinação do ambiente e são definidas condições “recomendáveis” e “máximas”; as “condições internas para o inverno” (Tabela 4.5-B) são únicas. As condições de inverno são inferiores às de verão. Resumidamente, temos:

**Tabela 4.5-A**  
**Condições de Verão**

<b>local</b>	<b>recomendável</b>	<b>máxima</b>
escritórios, hotéis, escolas	23 a 25°C TBS <sup>27</sup> com 40 a 60% UR <sup>28</sup>	26,5°C TBS com 65% UR
bancos, supermercados, magazines	24 a 26°C TBS com 40 a 60% UR	27°C TBS com 65% UR
teatros e similares	24 a 26°C TBS com 40 a 65% UR	27°C TBS com 65% UR

**Tabela 4.5 - B**  
**Condições de Inverno**

<b>local</b>	<b>recomendável</b>	<b>máxima</b>
todos	20 a 22°C TBS com 35 a 65% UR	20 a 22°C TBS com 35 a 65% UR

Na definição das condições externas que devem ser tomadas para referência, em caso de ausência de informações locais específicas, a Tabela 4.6 fornece as “Condições externas para inverno” para as capitais e poucas cidades importantes, indicando °C TBS e % UR. Destas últimas informações, convém salientar as menores temperaturas:

**Tabela 4.6**  
**Menores Condições Externas para Inverno**

<sup>27</sup>Temperatura de bulbo seco em centígrados

<sup>28</sup> Umidade Relativa percentual

<b>Cidade</b>	<b>Estado</b>	<b>°C TBS</b>	<b>%UR</b>
Caxias do Sul	R.G. Sul	0	90
Santa Maria	R.G. Sul	3	80
Pelotas	R.G. Sul	5	80
Curitiba	Paraná	5	80

#### ***4.4.3. Sistemas de abastecimento predial de água: caixas de água inferior e superior)***

A particularidade do sistema de abastecimento de água mais empregado no Brasil é a necessidade de um depósito superior, de onde parte uma rede para distribuição por gravidade. O sistema gera a obrigatoriedade da instalação de uma bomba de recalque, que transfira a água do depósito inferior (cisterna) para o depósito superior.

A potência deste equipamento é função da capacidade de armazenamento do depósito superior, cujo volume depende do projeto estrutural do prédio e do consumo diário. As bombas utilizadas são do tipo centrífugo, normalmente instaladas abaixo do nível da caixa inferior (“afogadas”), com o funcionamento comandado por controladores de nível máximo e mínimo.

O regime de funcionamento é totalmente dependente do efetivo consumo de água no prédio, buscando-se impedir que o equipamento opere durante o horário de ponta do sistema elétrico. As características da carga e do regime de operação apontam para o uso exclusivo de motores elétricos para carga constante.

#### ***4.4.4. Condições do envólucro***

A arquitetura brasileira aplicada aos prédios que, na primeira metade do século considerava na concepção dos projetos, de modo geral, as características climáticas do país (uso de “brise-soleil”, áreas abertas sombreadas, etc), passou a aceitar influências dos países de clima frio, adotando a concepção de prédios fechados, com grandes áreas envidraçadas totalmente expostas à insolação. Esta concepção inadequada exige a instalação de grandes sistemas de condicionamento de ar para que o interior da construção obtenha condições satisfatórias de conforto térmico.

Contribuiu para isto as dimensões continentais do país, que não incentivou o desenvolvimento de normas federais para serem aplicadas à construção civil. Toda a prática normativa é de dimensão municipal e, portanto, altamente disseminada, inexistindo um órgão controlador central.

Apenas recentemente o PROCEL - Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica, sob a responsabilidade da ELETROBRÁS - Centrais Elétricas Brasileiras S.A., em ação conjunta com o IBAM - Instituto Brasileiro de Administração Municipal emitiu um “Modelo para Elaboração de Código de Obras e Edificações” procurando sanar a deficiência.

Medidas de aumento da qualidade do envólucro quanto ao aspecto de eficiência energética, no sentido de elevar as suas características isolantes, por exemplo, inexistem e serão importantes na redução do uso de ar condicionado.

### **4.5. Correções das Medições**

A aplicação correta da fórmula

*economias = uso nas condições pre-contratuais (baseline) - uso após a instalação das MCE's*

exige que certos condicionantes básicos sejam mantidos ao longo do período. As mais importantes são, sem dúvida, aquelas que garantam:

- períodos iguais de utilização da energia nos intervalos entre medições, e
- temperatura e umidade externas constantes.

Como ambas as condições têm muito alta probabilidade de não ocorrerem, formas e fórmulas de correção destas condições são sempre necessárias.

1. A ocorrência de períodos iguais de utilização é garantida pela aplicação de correções pelo calendário e a contagem do período estará associada ao regime de uso: poderá, ou não, incluir feriados e fins de semana.
2. As condições externas são função do clima no período e a forma de correção estará relacionada à quantidade de “Graus por Dias de Resfriamento - GDR”<sup>29</sup>. Esta grandeza é definida pela *quantidade de graus que a temperatura externa apresenta, em um determinado dia, acima do valor externo limite em que o resfriamento interno não é necessário*. A soma dos produtos das quantidades de GDR pela quantidade de dias em que ocorreram ao longo do período (em geral: mês) é o fator mensal de correção. Admitindo-se que o valor externo limite seja, por exemplo, 25°C, e que a temperatura externa seja de 32°C, o GDR será 7°C. Se apenas este valor superior ocorreu ao longo de um mês, em, digamos, 8 dias, o GDR do mês será 56°C.
3. Há necessidade de analisar o comportamento da umidade relativa dentro do conceito de GDR, tendo em vista as condições de conforto preconizadas pela NBR-6401, principalmente nas regiões tropicais.

A prática inexistência de sistemas de aquecimento interno no Brasil, faz com que o fator de correção oposto - Graus por Dias de Aquecimento - não venha a ser levado em conta.

Conquanto as correções de calendário para períodos de utilização já venham sendo utilizadas no Brasil, as que envolvem os GDR's necessitam de implantação, com determinação do valor externo limite, da influência da umidade relativa e do registro nacional das ocorrências.

---

<sup>29</sup>Proposta de tradução para o termo “Colling Degree Days”

## 5. Exemplos Genéricos de Aplicações

Nos itens “a” a “e” a seguir resumiremos os tipos de sistemas de uso de energia em prédios (“Usos Finais”) utilizados pelo IPMVP, indicando para cada um as Opções de M&V adequadas às medições das grandezas envolvidas. A partir deste resumo serão selecionados exemplos genéricos para ilustrar a aplicação de uma opção a um uso final típico. Estes resumos servirão para melhor entender o roteiro de procedimentos e alguns pontos merecedores de atenção.

### a) Iluminação: Projetos de Controle e/ou de Aumento de Eficiência

Grandeza	Opção A	Opção B	Opção C	Opção D
calculando as economias de eletricidade	Sim	Sim	Sim	Sim
calculando a redução de demanda	Sim	Sim	Sim	Sim
calculando as economias iterativas no resfriamento	Não	Não	Sim	Sim
calculando as economias iterativas no aquecimento	Não	Não	Sim	Sim

### b) Acionamento: Projetos com motores de carga constante

Grandeza	Opção A	Opção B	Opção C	Opção D
calculando as economias de eletricidade	Sim	Sim	Sim	Sim
calculando a redução de demanda	Sim	Sim	Sim	Sim
calculando as economias iterativas no resfriamento	Não	Não	Não	Sim
calculando as economias iterativas no aquecimento	Não	Não	Não	Sim

nota: A Opção “C”, poderá ser utilizada desde que as medições sejam horárias e não mensais.

### c) Acionamento: Projetos com motores de velocidade variável

Grandeza	Opção A	Opção B	Opção C	Opção D
calculando as economias de eletricidade	Não	Sim	Não	Sim
calculando a redução de demanda	Não	Sim	Não	Sim
calculando as economias iterativas no resfriamento	Não	Não	Não	Sim
calculando as economias iterativas no aquecimento	Não	Não	Não	Sim

nota: A Opção “C”, poderá ser utilizada desde que as medições sejam horárias e não mensais.

### d) Projeto de Condicionamento de Ar, Ventilação e Aquecimento (CAVA) e/ou Sistema de Controle para Gerenciamento de Energia (SCGE)

Grandeza	Opção A	Opção B	Opção C	Opção D
calculando as economias de eletricidade	Não	Sim	Sim	Sim
calculando a redução de demanda	Não	Sim	Sim	Sim

### e) Projeto de retrofit de um Chiller

Grandeza	Opção A	Opção B	Opção C	Opção D
calculando as economias de eletricidade	Não	Não	Sim	Não
calculando a redução de demanda	Não	Não	Sim	Não

nota: A utilização da Opção “D” permite calcular as economias térmicas, não as elétricas.

### f) Projeto de retrofit de uma Caldeira

Grandeza	Opção A	Opção B	Opção C	Opção D
calculando as economias de eletricidade	Não	Não	Sim	Não

calculando a redução de demanda	Não	Não	Sim	Não
---------------------------------	-----	-----	-----	-----

*nota:* A utilização da Opção “D” permite calcular as economias térmicas, não as elétricas.

## 5.1. Opção A: Iluminação

A Abordagem do Consumo Estipulado fornecerá resultados satisfatórios quando utilizada para Sistemas de Iluminação em prédios comerciais. Os resultados de economia são:

Redução de Demanda: diferença entre a potência total instalada na solução inicial e a instalada após o retrofit, utilizando-se as informações de potência de lâmpada fornecidas pelo catálogo do fabricante às quais são adicionadas as perdas (em Watts) fornecidas pelos fabricantes dos reatores (se houver). Quando forem calculadas as reduções equivalentes nas faturas mensais, deverá ser considerada a diferenciação de tarifas.

Economias de Eletricidade: são as diferenças de consumo resultantes do produto da redução de demanda pelo tempo de operação mensal estipulado. Esta alternativa permitirá que sejam ajustados novos horários de operação para após o retrofit, onde a menor utilização do sistema de iluminação no horário de ponta inportará em maior redução, face à diferenciação tarifária.

### *Comentários:*

i) As Verificações Necessárias importarão em:

- medir o nível inicial de iluminação (medição instantânea) e o nível após o retrofit, para verificar se foi mantido;
- inspecionar o equipamento instalado para garantir que obedece em quantidade e em qualidade o especificado em projeto (a não obediência em qualidade poderá trazer problema à ESCO, desde que ela é de responsabilidade do fabricante); diretamente responsável pela qualidade do desempenho será a manutenção das luminárias e calhas quanto ao aspecto de limpeza;

ii) Percebemos que é na estipulação das horas mensais de operação que está localizado o ponto crucial desta Abordagem para a Iluminação. Quanto mais preciso ele for menor será a margem de erro na economia. Além de considerar os aspectos sazonais, também deverá levar em conta eventuais alterações no uso do espaço considerado.

## 5.2. Opção B: Elevação de Água

A Opção do Consumo Medido fornecerá resultados satisfatórios quando utilizada para Elevação de Água com Motores de Velocidade Constante.

O fornecimento de um dado volume de água é função da vazão do equipamento; a não linearidade da curva “vazão x potência de motor” permitirá uma procura do melhor resultado a partir da instalação demotores de diferentes potências. Esta é, pois, a opção indicada quando o potencial de gerar economia tem de ser verificado.

Os resultados de economia são:

Redução de Demanda: Diferença entre as medidas da demanda do motor instalado antes do retrofit e da demanda do motor instalado no retrofit.

Economias de Eletricidade: são as diferenças de consumo resultantes das medições de curto prazo com o motor das condições pré-contratuais e do motor de depois do retrofit.

### **Comentários:**

i) As Verificações necessárias importarão em:

- registrar o regime inicial de funcionamento do sistema; posicionamento de válvulas e registros e existência de perdas por vazamentos
- inspecionar o equipamento instalado para garantir que obedece em quantidade e em qualidade o especificado em projeto (a não obediência em qualidade poderá trazer problema à ESCO, desde que ela é de responsabilidade do fabricante); diretamente responsável pela qualidade do desempenho será a garantia de inexistência de perdas ou alterações de consumo de água após o retrofit.

ii) Percebemos que será a redução de uso do motor no horário de ponta que produzirá o maior ganho financeiro.

## **5.3. Opção C: Economias Interativas**

A Opção da Abordagem do Medidor Geral fornecerá resultados satisfatórios quando utilizada para calcular as economias globais em um prédio comercial que venha a sofrer um retrofit geral. A instalação de um novo sistema de iluminação de maior eficiência, certamente trará redução na carga térmica do prédio, redução que também poderá ser obtida com procedimentos de redução da incidência solar direta. Esta opção indicará não somente os ganhos diretos mas também os produzidos pelas interações, pois todos eles serão detetados pelo medidor da Concessionária.

### ***Redução de Demanda e Economias de Eletricidade***

O ganho de demanda e de energia consumida só será a diferença entre as leituras anteriores e posteriores às ações executadas *se houver a permanência das demais variáveis envolvidas*. As “demais variáveis” que deverão ser consideradas são:

- regime de funcionamento, taxa de ocupação e atividades executadas nas dependências consideradas e
- condições climáticas externas.

Podemos dizer que, o processo correto de calcular as economias será:

1. elaborar uma previsão da demanda e da energia consumida considerando-se as condições das “demais variáveis” no caso das ações não serem executadas;
2. subtrair destes valores a demanda e a energia consumida conforme os registros da Concessionária, após a execução das ações de retrofit.

Para a montagem da previsão será necessário inicialmente construir a curva do consumo mensal e da demanda por um período de 12 meses, ao mesmo tempo que se mantém os registros diários da temperatura externa e das características de operação, ou sejam:

- consumo médio diário mês a mês
- demanda máxima mensal
- temperatura média externa
- totais de homens-hora nos mesmos intervalos de leitura da Concessionária
- horário de verão no período.

A experiência recomenda o estabelecimento da relação entre a energia usada e a temperatura externa, analisando-se cuidadosamente a interferência da variação dos totais de homens-hora (a experiência também mostra que normalmente a interferência é pequena, quando se considera o grau de precisão esperada nesta Opção).

Convém ressaltar que “acidentes de percurso” (não permanentes ou não repetitivos) poderão afetar de tal modo os registros que poderá ser necessária a utilização de valores interpolados em lugar dos registros feitos.

Finalmente, queremos dizer que para o exemplo selecionado, consideramos esta Opção C a mais adequada, e que iniciaremos brevemente o estabelecimento da metodologia detalhada para este caso.

#### **5.4. Opção D:**

Preferimos não apresentar um exemplo genérico para esta Opção, tendo em vista o estágio inicial em que se encontra esta metodologia no Brasil. A inexistência de modelos matemáticos de calibração que considerem as nossas condições inviabiliza qualquer tentativa de medelagem.

## 6. Desenvolvendo o Protocolo de M&V para o Brasil

Em face ao que foi anteriormente apresentado, imaginamos que um Protocolo de M&V para o Brasil deva ser um documento que se constroi em passos progressivos. Deve ter uma abordagem de complexidade crescente gradual, instituindo inicialmente alternativas simples e de facil aplicação, tornando-se mais abrangente e de maior precisão de resultados na medida em que o mercado se for sofisticando.

Numa primeira fase recomendamos que tenha as seguintes características principais:

1. Dar preferência inicialmente às Opções A e C que são, como já vimos, as de custos mais baixos porque envolvem os equipamentos de medição mais difundidos.
2. Ainda dar preferência à Opção C (de medidor geral) que, além de utilizar os dados da Concessionária, ainda permite considerar os ganhos da iteração entre os sistemas, que não são desprezíveis no atual estado da arte.
3. Limitar a atenção inicial do Protocolo aos usos finais mais comuns:
  - Sistemas de Iluminação mais eficientes e de controle da iluminação
  - Sistemas de Condicionamento de ar e ventilação
  - Sistemas de Acionamento à velocidade constante
  - Sistemas de Gerenciamento de energia.

Deve-se ao mesmo tempo iniciar a coleta de registros climáticos e o estabelecimento de índices de desempenho dos sistemas, de forma a reduzir a presente carência de informações necessárias à elaboração das equações e/ou curvas de ajuste das grandezas medidas e às futuras simulações com softwares.

Dentro das considerações anteriores, podemos, então, sugerir prioridades para a aplicação das Opções de M&V:

Prioridade 1	Opção “C” - registro mensal
Prioridade 2	Opção “A”
Prioridade 3	Opção “B” e Opção “C” - registro horário
Prioridade 4	Opção “D”

Convém assinalar que a sugestão de priorizar a Opção “C” sobre a Opção “A”, que geralmente tem custo de aplicação inferior (ver tabela ), se justifica pela maior expectativa de economia, originária também dos efeitos interativos. Esta interação ocorrerá principalmente nas seguintes situações:

### Economias Interativas

<b>ação</b>	<b>causa</b>	<b>efeito</b>
substituição de sistema de iluminação por outro mais eficiente	redução da carga térmica por perda	economia em ar condicionado
instalação de sistema de controle de iluminação	menor tempo de uso	economia em ar condicionado
instalação de protetores solares no envólucro	menor insolação	economia em ar condicionado (poderá ocorrer maior

		necessidade de iluminação: balanço)
--	--	--

Combinando as prioridades propostas com os Usos Finais preferenciais, podemos elaborar um Quadro Resumo que usaremos para orientar a elaboração de um Protocolo Brasileiro de M&V, em seus primeiros tempos:

### Quadro Resumo

<b>Usos Finais</b>	<b>Grandezas</b>	<b>Opções Em Ordem de Prioridade</b>
Sistemas de Iluminação mais eficientes e de Controle da Iluminação	calculando as economias no consumo	Opção "C" - registro mensal
Sistemas de Condicionamento de Ar e Ventilação	calculando a redução da demanda	Opção "A"
Sistemas de Acionamento à Velocidade constante Sistemas de Gerenciamento de Energia	calculando as economias iterativas no resfriamento	Opção "B" e Opção "C" - registro horário Opção "D"

O desenvolvimento do Protocolo (e do Manual) nesta fase inicial deve ser vinculado a pilotos de campo, no qual são tratados também as especificidades de normas técnicas e de marcas e calibração de equipamentos.

Deve-se aprofundar a análise das implicações de cada opção sobre a alocação de riscos e responsabilidades entre as partes e sobre a incorporação de M&V nos contratos de "performance" ou "risco".