



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

## **RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO**

JOALE DE CARVALHO PEREIRA

MARÇO DE 2010



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

## **RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO**

Relatório apresentado à coordenação de estágios de Engenharia Elétrica da UFCEG, como parte dos requisitos à obtenção de título de Engenheiro Eletricista.

Aluno: Joale de Carvalho Pereira

Matrícula: 20321141

Março de 2010



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

## **Relatório de Estágio Supervisionado**

**Trabalho apresentado por:** Joale de Carvalho Pereira

**Empresa:** Companhia Energética de Alagoas - CEAL

**Período de Estágio:** Outubro/2009 a Dezembro/2009

**Orientador:** Prof. Dr. Benemar Alencar

Campina Grande – Paraíba

Março de 2010



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

**Relatório de Estágio Supervisionado**

Julgado em: \_\_/\_\_/\_\_

**BANCA EXAMINADORA:**

---

Orientador

---

Convidado

Campina Grande – Paraíba

Março de 2010

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por me dar sabedoria, coragem e determinação para superar todos os desafios, e entender que a vida é um eterno aprendizado.

À minha mãe que tudo fez, e tudo faz para me apoiar e me tranquilizar perante todas as situações adversas encontradas em minha vida.

Meu pai, que enquanto presente procurou dar sempre o melhor a seus filhos. Este que devo grandes ensinamentos de perseverança e força de vontade. Minhas irmãs Meilene e Joalene, e à Magda, pela confiança e amor depositados.

Aos colegas de apartamento Alberto, Breitner, José Welisson e Vinicius por terem dividido comigo momentos de alegria e tristeza durante todo este tempo, dando apoio e depositando torcida.

A todos os colegas de curso, por terem convivido comigo todos estes anos de vida acadêmica, intermináveis madrugadas de estudos planos e sonhos.

Ao professor Benemar Alencar pelo grande apoio na realização deste trabalho, e importante contribuição em minha vida acadêmica e profissional.

A toda equipe do setor de Pesquisa Desenvolvimento e Conservação de Energia da CEAL, aos Engenheiros Almir e Marcelo pela atenção, paciência e conhecimentos a mim oferecidos.

Agradeço também a todos aqueles, que não por menor importância, não foram citados, mas que também tiveram grande contribuição na realização do sonho de adquirir o título de Engenheiro Eletricista.

## **APRESENTAÇÃO**

O estágio supervisionado foi realizado na Companhia Energética de Alagoas – CEAL, mais especificamente no acompanhamento de projetos de eficiência energética. A realização do estágio foi possível através de um convênio firmado entre a CEAL e a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), por intermédio do Centro de integração empresa escola (CIEE).

Foram realizadas atividades de acompanhamento de projetos de eficiência energética, voltado para comunidades de baixa renda e para substituição de motobombas por outras mais eficientes em poços artesianos de abastecimento público.

## LISTA DE ABREVIACOES

ANNEL	Agencia Nacional de Energia Elétrica
APD	Assessoria de pesquisa desenvolvimento e conservação de energia
CEAL	Companhia Energética de Alagoas
CHESF	Companhia Hidro Elétrica do São Francisco
EE	Eficiência Energética
GEM	Gesto Energética Municipal
GEEs	Gases de efeito estufa
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MPEE	Manual dos Programas de Eficiência Energética
MRE	Medidas Individuais de Racionalização de Energia
M&V	Medição e Verificação
ONG	Organização não governamental
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PEE	Programa de Eficiência Energética
PIB	Produto interno bruto
PIMVP	Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance
PND	Programa nacional de desestatização
PROCEL	Programa nacional de conservação de energia elétrica
RCB	Relação Custo x Benefício
RGR	Reserva Global de Reversso
SELIC	Sistema Especial de Liquidação e Custódia
UC	Unidade Consumidora

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – ESTRUTURA ORGANIZACIONAL CEAL.....	06
FIGURA 2 – GRÁFICO DAS CLASSES DE CONSUMO CEAL.....	08
FIGURA 3 – TRANSFORMAÇÃO DE ENERGIA.....	11
FIGURA 4 – OFERTA DE ENERGIA BRASILEIRA.....	18
FIGURA 5- OFERTA DE ENERGIA NO RESTO DO MUNDO.....	18
FIGURA 6 – OFERTA DE ENERGIA NOS PAÍSES INDUSTRIALIZADOS.....	18
FIGURA 7– MATRIZ DE PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL.....	20
FIGURA 8 – FLUXOGRAMA PEE.....	34
FIGURA 9 – ORGANOGRAMA FUNCIONAL AGENTE CEAL.....	48
FIGURA 10 – REPRESENTAÇÃO WATTÍMETRO.....	53
FIGURA 11 – FOTO WATTÍMETRO.....	53
FIGURA 12 – FOTO HORÍMETRO.....	55
FIGURA 13 – MALETA LAMON.....	66
FIGURA 14 – REGISTRADOR DE VARIÁVEIS ELÉTRICAS SAGA 4000.....	67
FIGURA 15 – FOTO DA INSTALAÇÃO DA MALETA LAMON.....	68
FIGURA 16 – FOTO DA INSTALAÇÃO DO SAGA 4000.....	69
FIGURA 17 – RESULTADO DO DIMENSIONAMENTO DA MOTOBOMBA PAM1.....	80
FIGURA 18 – CURVA DO RENDIMENTO DE UMA MOTOBOMBA.....	81
FIGURA 19 – GRÁFICO DO PONTO DE OPERAÇÃO DA MOTOBOMBA E DO SISTEMA.....	82

## LISTA DE TABELAS

TABELA1 - CLASSES DE CONSUMO.....	08
TABELA 2 – OPÇÕES DO PIMVP.....	29
TABELA 3 – Check – List projetos PEE.....	39
TABELA 4 – METAS AGENTE CEAL.....	51
TABELA 5 – AMOSTRAGEM UNIDADES CONSUMIDORAS.....	52
TABELA 6 – DESCRIÇÃO DOS CUSTOS.....	56
TABELA 7 – ANUALIZAÇÃO DOS CUSTOS.....	59
TABELA 8 – CUSTOS EVITADOS TOTAIS.....	61
TABELA 9 – DADOS REGISTRADOS NO POÇO PAM1, PRÉ-RETROFIT.....	74

# SUMÁRIO

1. COMPANHIA ENERGÉTICA DE ALAGOAS – CEAL.....	2
1.1. ESTRUTURA ORGANIZACIONAL.....	4
1.2. CLASSES DE CONSUMO.....	6
2. MUDANÇAS CLIMÁTICAS E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	7
2.1. AQUECIMENTO GLOBAL.....	7
2.2. PROTOCOLO DE QUIOTO E MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO.....	7
2.3. PERSPECTIVAS PARA O BRASIL.....	9
2.4. PLANOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DESENVOLVIDOS NO BRASIL.....	11
3. MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO.....	12
4. PROTOCOLO INTERNACIONAL DE MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO DE PERFORMANCE.....	13
4.1. VISÃO GERAL DAS OPÇÕES.....	14
5. PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	15
6. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM COMUNIDADES DE BAIXA RENDA – AGENTE CEAL NAS COMUNIDADES .....	19
6.1. O AGENTE DE RELACIONAMENTO COMUNITÁRIO – AGENTE CEAL.....	19
6.2. OBJETIVOS.....	20
6.3. PROCEDIMENTOS DE VISTORIA.....	21
6.4. EQUIPE TÉCNICA.....	22
6.5. METAS.....	23
6.6. MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO.....	24
6.7. INSTRUMENTOS UTILIZADOS.....	25
6.7.1. WATTÍMETRO.....	26
6.7.2. HORÍMETRO.....	27

6.8. DESCRIÇÃO DOS CUSTOS.....	29
6.9. DESCRIÇÃO DOS BENEFÍCIOS.....	31
6.10. CÁLCULO DA RELAÇÃO CUSTO X BENEFÍCIO.....	33
7. DIMENSIONAMENTO DE MOTOBOMBAS EFICIENTES – PROJETO CASAL 800.....	35
7.1. DESCRIÇÃO.....	35
7.2. PLANO DE M&V.....	36
7.3. MATERIAL USADO.....	36
7.3.1. MALETA LAMON MD HIDRO 3.2.....	37
7.3.2. SAGA 4000.....	38
7.4. MEDIÇÃO PRÉ-RETROFIT.....	39
7.5. DIMENSIONAMENTO DAS NOVAS MOTOBOMBAS.....	41
8. DESENVOLVIMENTO DO ESTÁGIO.....	49
8.1. ACESSORIA DE PESQUISA DESENVOLVIMENTO E CONSERVAÇÃO DE ENERGIA	49
8.2. OBJETIVO.....	50
8.3. AS AÇÕES ACOMPANHADAS.....	50
9. CONCLUSÃO.....	52
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

# **1. COMPANHIA ENERGÉTICA DE ALAGOAS - CEAL**

Com o desenvolvimento econômico do estado de Alagoas e uma conseqüente busca por melhores condições de vida e infra-estrutura, no que se diz respeito ao fornecimento de energia elétrica, surgiu a CEAL. Sua constituição foi autorizada pela Lei Estadual nº 2.137, de 08 de abril de 1959, sob a razão de Companhia de Eletricidade de Alagoas, hoje empresa do Sistema Eletrobrás.

No início da década de 60 apenas os municípios de Maceió, Penedo, Mata Grande, Água Branca e Delmiro Gouveia possuíam fornecimento de energia elétrica oriundo da CHESF, o restante do estado quando muito tinha, eram apenas instalações elétricas insuficientes para a demanda solicitada, precárias e obsoletas.

Assim com a implantação da CEAL, a partir de 1961 o estado de Alagoas tomou o rumo do desenvolvimento energético com a construção e inauguração da eletrificação na primeira cidade do interior, Viçosa, a partir do fornecimento elétrico da CHESF. Decorridos oito anos, em 1969 todo o Plano de Eletrificação do Estado de Alagoas estava concluído, todas as sedes municipais foram energizadas, sendo Porto de Pedras a última a receber o fornecimento.

Consolidando seu crescimento, em 1968 a CEAL adquiriu a concessão da distribuição de energia na cidade de Maceió, antes pertencente à Companhia Força e Luz Nordeste do Brasil (CFLNB), empresa do grupo AMFORP que também detinha concessão nas cidades de Natal e Salvador. Prosseguindo seguiram-se as aquisições das redes de distribuição de Penedo, União dos Palmares e Arapiraca, que pertenciam às prefeituras, e em seguida das redes de Mata Grande, Água Branca e Delmiro Gouveia que pertenciam à CHESF. Assim ajudada pela implantação do sistema de 69KV da CHESF no território alagoano em 1973, em 1979 toda concessão de energia do estado de Alagoas pertencia a CEAL.

Com o crescimento das cidades a CEAL passou a se preocupar com a potência energética disponível no Estado. Assim, através da Lei Estadual nº 4.450, de 05 de julho de 1983, foi alterada a razão social para Companhia Energética de Alagoas, permitindo à empresa ampliar o campo de atuação, no sentido de pesquisar, estudar, projetar, explorar e comercializar quaisquer outras formas de energia além da elétrica. Nessa área, foram desenvolvidas:

- Energia eólica: monitoramento de cinco áreas (Peba, roteiro, Mar vermelho, Maceió e Maragogi)
- Biomassa: desenvolvimento de estudos conjuntos com as usinas de açúcar e álcool, prevendo-se assinaturas de contratos de compra de energia pela CEAL
- Pequenas quedas d'água: identificação de 22 aproveitamentos, com potencial total de 22 MW

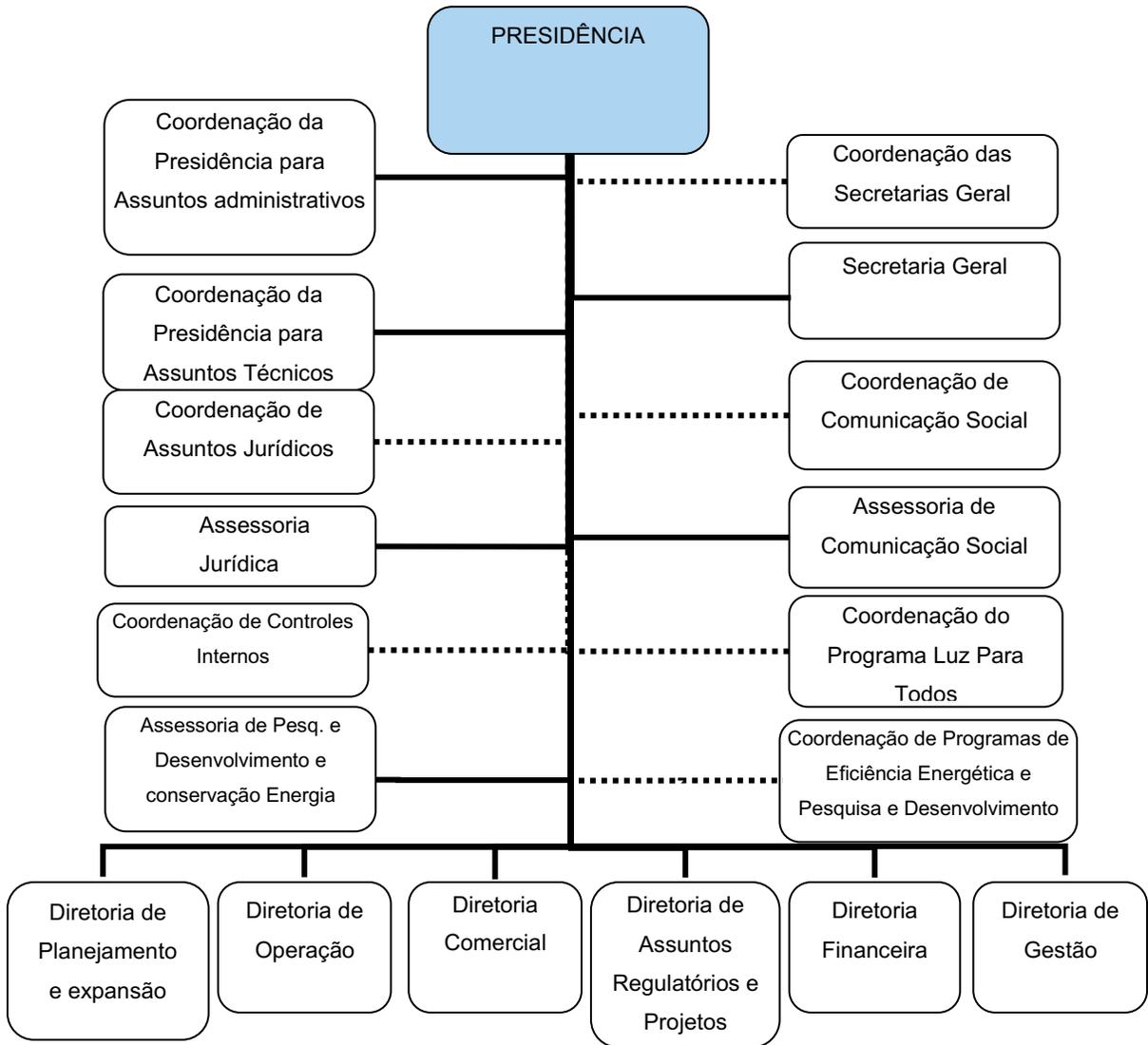
Toda esta expansão energética foi decisiva para impulsionar a agricultura e a indústria do estado. Com a energia de boa qualidade fornecida, diversas usinas e posteriormente destilarias iniciaram sua operação, nas cidades de Maceió, Penedo e Arapiraca foram instalados distritos industriais de bom porte. Também foram instaladas indústrias de grande porte, como a Fábrica de Cimento Atol e diversas cerâmicas de alta qualidade. Recentemente foram projetadas e construídas as instalações do Pólo Cloro-álcoolquímico de Marechal Deodoro, com a construção de diversas indústrias de porte. E recentemente foi autorizada a construção de um Estaleiro, que terá suas obras iniciadas no primeiro trimestre de 2010 e será instalado no Pontal de Coruripe.

A empresa busca oferecer soluções competitivas e inovadoras em energia elétrica, que possam contribuir para o desenvolvimento, conforto e melhor qualidade de vida para população. Visando sempre seu crescimento e buscando figurar entre as três melhores empresas de distribuição de energia elétrica do Nordeste.

Federalizada em julho de 1997, sob o controle da Eletrobrás, a CEAL foi incluída no Programa Nacional de Desestatização (PND). Desde então, a empresa passou a trabalhar na sua recuperação econômico-financeira e operacional, com vistas à privatização prevista para ocorrer em 2001, mas que acabou não se concretizando. Com a criação pela Eletrobrás de uma nova diretoria, a CEAL e as distribuidoras de energia Ceam (AM), Manaus Energia (AM), Cepisa (PI), Ceron (RO), Eletroacre (AC) e Boa Vista Energia (RR) foram federalizadas e hoje são de responsabilidade da Eletrobrás

## 1.1 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL

A estrutura organizacional da Companhia Energética de Alagoas apresenta-se abaixo na figura 1, as coordenações que se apresentam em linha tracejada possuem sedes físicas exclusivamente na sede da Eletrobrás no Rio de Janeiro, sendo comum a todas distribuidoras federalizadas. As coordenações com linha contínua possuem representação física na própria CEAL.



**Figura 1 – Estrutura Organizacional CEAL**

## 1.2 CLASSES DE CONSUMO

Na tabela 1 seguinte apresentamos as classes de consumo da Ceal em MWh.

Classe de Consumo	2008 MWh	%	2007 MWh	%	2006 MWh	%
Residencial	808.170	36,0	740.401	35,0	694.191	33,8
Industrial	381.483	17,0	374.289	17,7	395.903	19,3
Comercial	464.755	20,7	431.658	20,4	403.153	19,6
Rural	172.829	7,7	162.590	7,7	163.059	8,0
Poder Público	122.374	5,4	117.802	5,6	119.056	5,8
Iluminação Pública	131.407	5,9	126.093	6,0	121.813	5,9
Serviços Públicos	160.803	7,2	156.553	7,4	152.289	7,4
Consumo Próprio	4.077	0,2	4.284	0,2	4.282	0,2
Fornecimento	2.245.898	100,0	2.113.670	100,0	2.053.746	100,0
Suprimento à Celpe	13.865		13.969		20.792	
<b>TOTAL VENDAS</b>	<b>2.259.763</b>	<b>100,0</b>	<b>2.127.639</b>	<b>100,0</b>	<b>2.074.538</b>	<b>100,0</b>
Consumo Livre	188.889		191.252		151.969	
<b>TOTAL FORNEC.</b>	<b>2.448.652</b>	<b>100,0</b>	<b>2.318.891</b>	<b>100,0</b>	<b>2.226.507</b>	<b>100,0</b>

Tabela 1 – Classes de consumo

Abaixo temos um gráfico representativo destas classes, onde observamos que a maior classe consumidora é a residencial, o que justifica realização de maiores investimentos de EE neste setor.

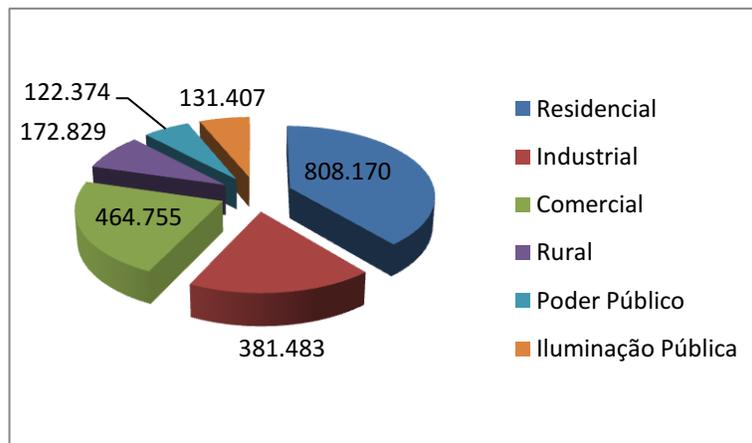


Figura 02 – Gráficos classes de consumo CEAL

## **2. MUDANÇAS CLIMÁTICAS E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

### **2.1 AQUECIMENTO GLOBAL**

O aquecimento global é resultado do lançamento excessivo de gases de efeito estufa (GEEs), sobretudo o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), na atmosfera. Esses gases formam uma espécie de cobertor cada dia mais espesso que torna o planeta cada vez mais quente e não permite a saída de radiação solar. O efeito estufa é um fenômeno natural para manter o planeta aquecido. Desta forma é possível a vida na Terra. O problema é que, ao lançar muitos gases de efeito estufa na atmosfera, o planeta se torna quente cada vez mais, podendo levar à extinção da vida na Terra. São várias as conseqüências do aquecimento global. Algumas delas já podem ser sentidas em diferentes partes do planeta como o aumento da intensidade de eventos de extremos climáticos (furacões, tempestades tropicais, inundações, ondas de calor, seca ou deslizamentos de terra). Além disso, os cientistas hoje já observam o aumento do nível do mar por causa do derretimento das calotas polares e o aumento da temperatura média do planeta em 0,8º C desde a Revolução Industrial. Acima de 2º C, efeitos potencialmente catastróficos poderiam acontecer, comprometendo seriamente os esforços de desenvolvimento dos países. Em alguns casos, países inteiros poderão ser engolidos pelo aumento do nível do mar e comunidades terão que migrar devido ao aumento das regiões áridas.

### **2.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

Qualquer atividade em uma sociedade moderna só é possível com o uso intensivo de uma ou mais formas de energia. Dentre as diversas formas de energia interessam, em particular, aquelas que são processadas pela sociedade e colocadas à disposição dos consumidores, tais como a eletricidade, a gasolina, o álcool, óleo diesel, gás natural, etc.

A figura 3 esquematiza o complexo caminho da energia entre a energia primária e o momento em que é usada para os serviços energéticos. Neste percurso a energia primária sofre transformações e se apresenta de diversas formas que podem ser medidas com uma mesma unidade<sup>3</sup>, como se a energia fosse uma espécie de fluido percorrendo todos os setores da economia. As diversas formas como a energia se apresenta estão representadas em três retângulos emoldurados, para cada grupo: energia primária; energia secundária e serviço de energia (também conhecido como uso final). Os processos que transformam as diversas formas da energia são representados pelos retângulos sombreados.

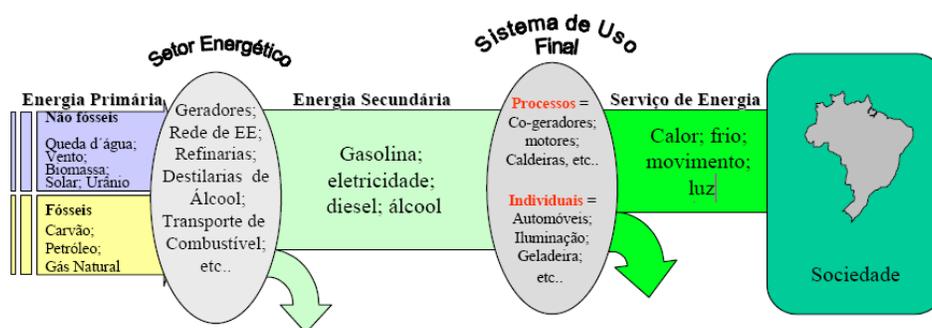


Figura 3 – Transformação da energia

Melhorar a eficiência significa reduzir o consumo de energia primária necessário para produzir um determinado serviço de energia. A redução pode acontecer em qualquer etapa da cadeia das transformações. Pode também ocorrer devido à substituição de uma forma de energia por outra no uso final. Historicamente, a substituição de combustíveis por eletricidade resultava muitas vezes em reduções de energia primária.

## 2.3 PERSPECTIVAS PARA O BRASIL

No caso brasileiro, os estudos apontam uma redução anual de 1,59% na intensidade energética, não obstante um crescimento do PIB da ordem de 5% ao ano. Há que se considerar, contudo, algumas particularidades.

O país tem 41% da sua oferta interna de energia oriunda de fontes renováveis, contra apenas 14% no mundo e meros 6% nos países industrializados, como mostram as figuras 4, figura 5 e figura 6 abaixo.

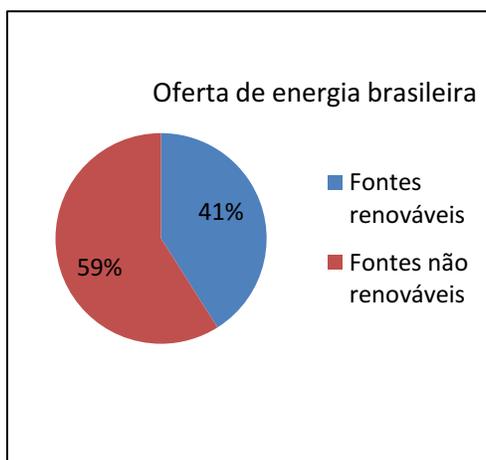


Figura 4 – Oferta de energia brasileira

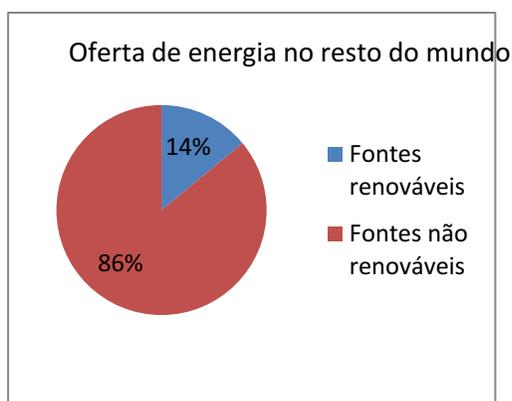


Figura 5 – Oferta de energia no resto do mundo

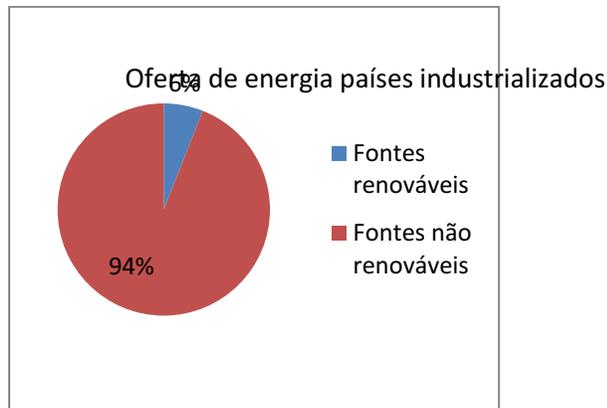


Figura 6 – Oferta de energia nos países industrializados

Como os gráficos acima demonstram este perfil resulta numa dependência significativamente menor da energia importada, ao mesmo tempo em que garante a possibilidade de ampliação da oferta interna (o caso do álcool combustível é exemplar nesse aspecto, já que é perfeitamente possível aumentar significativamente sua produção interna e já que a tecnologia para seu uso está em estágios muito adiantados).

Embora haja limitações sensíveis no caso da energia elétrica oriunda das hidrelétricas, o uso do gás natural vem se intensificando de maneira notável nos últimos anos. Também é importante notar que no Brasil, é a indústria a maior consumidora de energia elétrica (elas respondem por pouco mais de 46% do consumo), seguidas pelo setor residencial (em torno de 22%). O consumo de derivados de petróleo é liderado pelos transportes (48,5%) seguido de longe pela indústria (14,4%). É um quadro que tem diferenças importantes com relação à maioria dos países industrializados, e cujas bases são principalmente climáticas: em países de inverno muito rigoroso, o uso de derivados de petróleo para gerar calor nas residências é significativamente maior do que no Brasil. Isso significa uma dependência muito menor do petróleo; e mesmo no setor de transportes, há alternativas como o álcool combustível e, mais recentemente, o biodiesel, que permitem - ou permitirão - a manutenção do crescimento interno. Abaixo, na figura 7, podemos ter uma noção da capacidade instalada no sistema interligado nacional.

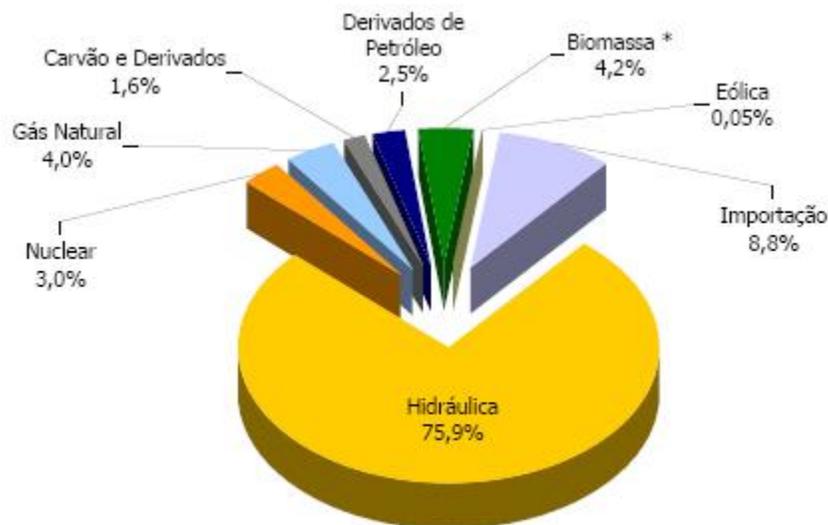


Figura 7 – Matriz de produçúo de energia eléfrica no Brasil

*Fonte: ONS, Operaçúo do SIN: Dados Relevantes 2007*

## 2.4 PLANOS PARA EFICIÊNICA ENERGÉTICA NO BRASIL

Instituído em 1993, o Selo Procel de Economia de Energia indica ao consumidor, no ato da compra, os produtos que apresentam os melhores níveis de eficiêcia energéfrica dentro de cada categoria. O objetivo é estimular a fabricaçúo e a comercializaçúo de produtos mais eficientes, contribuindo para o desenvolvimento tecnolúgico e a reduçúo de impactos ambientais. Desde 1993, o Prêmio Nacional de Conservaçúo e Uso Racional de Energia, conhecido como Prêmio Procel, reconhece o empenho e os resultados obtidos pelos agentes que atuam no combate ao desperdício de energia. Concedido anualmente, o prêmio visa estimular a sociedade a implementar açúes que efetivamente reduzam o consumo de energia eléfrica.

O Procel conta ainda com os seguintes subprogramas: Procel GEM (Gestúo Energéfrica Municipal), Sanear (Eficiêcia Energéfrica no Saneamento Ambiental), Educaçúo (Informaçúo e Cidadania), Indústria (Eficiêcia Energéfrica Industrial), Edifica (Eficiêcia

Energética em Edificações), EPP (Eficiência Energética nos Prédios Públicos) e Reluz (Eficiência Energética na Iluminação Pública).

### **3. M&V**

A “Medição e Verificação” (M&V) é o processo de utilização de medidas para determinar de modo seguro a economia real criada dentro de uma instalação individual por um programa de gestão de energia. A economia não pode ser medida diretamente, uma vez que representa a ausência de consumo de energia. Por sua vez, a economia é determinada comparando o consumo medido antes e depois da implementação de um projeto, fazendo ajustes adequados tendo em conta alterações nas condições. As atividades de M&V consistem em algumas ou em todas as seguintes ações:

- Instalação, calibração e manutenção de medidores.
- Obtenção e tratamento de dados.
- Desenvolvimento de um método de cálculo e estimativas aceitáveis.
- Cálculos com dados medidos.
- Reportar garantia de qualidade e verificação de relatórios por terceiros.

Quando existem poucas dúvidas acerca do resultado de um projeto, ou não existe necessidade de dar prova dos resultados a uma outra parte, a M&V pode não ser necessária. As técnicas de M&V podem ser utilizadas pelos proprietários da instalação ou pelos investidores do projeto de eficiência energética para alcançar os seguintes objetivos:

- Aumentar a economia de energia
- Documentar transações financeiras
- Aumentar o financiamento para projetos de eficiência
- Melhorar projetos de engenharia, funcionamento e manutenção da instalação
- Gerir orçamentos energéticos
- Aumentar o valor dos créditos de redução de emissão

- Apoiar a avaliação de programas de eficiência regionais

## **4. PIMVP**

O PIMVP é uma estrutura de definições e métodos para avaliar adequadamente a economia no consumo de energia, de água ou na demanda. O PIMVP guia os usuários no desenvolvimento de Planos de M&V para projetos específicos. O PIMVP foi redigido para permitir o máximo de flexibilidade na criação dos Planos de M&V, sendo ao mesmo tempo preciso, completo, conservador, consistente, relevante e transparente visa aumentar os investimentos na eficiência energética e consumo eficiente de água, gestão do consumo e projetos de energia renovável em todo o mundo.

O PIMVP promove investimentos eficazes através das seguintes atividades:

- Documenta termos comuns e métodos para avaliar o desempenho energético de projetos de eficiência para clientes, fornecedores e financeiros. Alguns destes termos e métodos podem ser utilizados em acordos de projetos, embora o PIMVP não disponibilize linguagem contratual.
- Fornece métodos, com diferentes níveis de custo e exatidão, para determinar economias<sup>1</sup> para toda a instalação ou para medidas individuais de racionalização de energia (MRE);
- Especifica o conteúdo de um Plano de Medição e Verificação (Plano de M&V). Este Plano de M&V adere aos princípios fundamentais de M&V aceites em todo o mundo e deve produzir relatórios de economia verificáveis. Deve ser desenvolvido um Plano de M&V para cada projeto por um profissional qualificado<sup>3</sup>.
- Aplica-se a uma grande variedade de instalações, incluindo edifícios novos, edifícios já existentes e processos industriais.

## 4.1 VISÃO GERAL DAS OPÇÕES DO PIMVP

As quantidades de energia nas várias formas podem ser medidas por uma ou mais das seguintes técnicas:

- Faturas da concessionária ou do fornecedor de combustível, ou leitura dos medidores da concessionária e fazendo os mesmos ajustes às leituras que a concessionária faz.
- Medidores especiais que isolam a MRE ou parte da instalação do resto da instalação. As medições podem ser periódicas durante pequenos intervalos, ou contínuas durante os períodos de referência ou de pós-retrofit..
- Medições separadas de parâmetros usados no cálculo do consumo de energia. Por exemplo, parâmetros de funcionamento de equipamento de carga elétrica e horas de funcionamento podem ser medidos separadamente e multiplicados juntos para calcular o consumo de energia do equipamento.
- Medição de representantes (proxies) de consumo de energia. Por exemplo, se o consumo de energia de um motor for correlacionado com o sinal de saída do variador de velocidade que controla o motor, o sinal de saída pode ser um representante para a energia do motor.

O PIMVP fornece quatro opções para determinar a economia (A, B, C e D). A escolha entre as opções implica muitas considerações incluindo o local do limite de medição. Se for decidido determinar a economia ao nível da instalação, a Opção C ou D podem ser favorecidas. No entanto, se apenas é de ter em consideração o desempenho energético. Que base para ajuste, da própria MRE, uma técnica de medição isolada da MRE pode ser mais adequada (Opção A, B ou D). O quadro abaixo resume estas quatro opções.

Opção PIMVP	Como calcular a economia	Aplicações típicas
<p>A. Medição Isolada da MRE: Medição dos parâmetros chave</p> <p>A <i>economia</i> é determinada pela medição no terreno dos parâmetros chave do desempenho energético, que define o consumo de <i>energia</i> dos sistemas afetados pela <i>MRE</i> e/ou o sucesso do projeto.</p> <p>A frequência da medição vai desde o curto prazo a contínua, dependendo das variações esperadas no parâmetro medido e da duração do <i>pós-retrofit</i>.</p> <p>Os parâmetros que não são selecionados para medição no terreno são <i>estimados</i>. As <i>estimativas</i> podem basear-se em dados históricos, especificações do fabricante ou avaliação da engenharia. É necessária a documentação da fonte ou justificação do parâmetro <i>estimado</i>. O erro de <i>economia</i> provável que surge da <i>estimativa</i> em vez da medição é avaliado.</p>	<p>Cálculo de engenharia do <i>período de referência</i> e do <i>consumo do pós-retrofit</i> a partir de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Medições a curto prazo ou contínuas de parâmetros chave de funcionamento; e</li> <li>o Valores <i>estimados</i>.</li> </ul> <p><i>Ajustes de rotina e não-de rotina</i> como exigido.</p>	<p>A MRE da iluminação onde a energia requerida é o parâmetro chave de desempenho energético, que é medido periodicamente. Calcular as horas de funcionamento da iluminação baseadas nos horários do edifício e no comportamento dos ocupantes.</p>
<p>B. Medição isolada da MRE: Medição de todos os parâmetros</p> <p>A <i>economia</i> é determinada pela medição no terreno do consumo de <i>energia</i> do sistema afetado pela <i>MRE</i>.</p> <p>A frequência da medição vai desde o curto prazo a contínua, dependendo das variações esperadas na <i>economia</i> e da duração do <i>pós-retrofit</i>.</p>	<p>Medições a curto prazo ou contínuas do <i>período de referência</i> e <i>consumo do período de relato</i>, e/ou cálculos de engenharia, usando medições de substituição de consumo de <i>energia</i>.</p> <p><i>Ajustes de rotina e não-de rotina</i> como exigido.</p>	<p>A aplicação de uma velocidade variável e controles a um motor para ajustar o fluxo da bomba. Medir a energia elétrica com um medidor de kW instalado na alimentação elétrica do motor, que lê a potência a cada minuto. No <i>período de consumo de referência</i> este medidor está no mesmo lugar durante uma semana para verificar a carga <i>constante</i>. O medidor está no lugar durante o <i>pós-retrofit</i> para medir as variações da utilização da potência.</p>

Opção PIMVP	Como calcular a economia	Aplicações típicas
<p>C. Toda a Instalação</p> <p>A <i>economia</i> é determinada pela medição do consumo de energia ao nível de toda a <i>instalação</i> ou <i>sub-instalação</i>.</p> <p>Medições contínuas do consumo de <i>energia</i> de toda a <i>instalação</i> são efetuadas durante o <i>pós-retrofit</i>.</p>	<p>Análise dos dados do medidor do <i>período de referência</i> de toda a <i>instalação</i> e do <i>pós-retrofit</i> (empresa de serviços energéticos).</p> <p><i>Ajustes de rotina</i> como exigido, usando técnicas tal como uma simples comparação ou análise de regressão.</p> <p><i>Ajustes não-de rotina</i> como exigido.</p>	<p>Programa de gestão de energia multifacetado, afetando muitos sistemas numa <i>instalação</i>. Medição do consumo de energia com os medidores de gás e eletricidade da empresa de serviços energéticos para um <i>período de referência</i> de doze meses e durante o <i>pós-retrofit</i>.</p>
<p>D. Simulação calibrada</p> <p>A <i>economia</i> é determinada através da simulação do consumo de <i>energia</i> de toda a <i>instalação</i>, ou de uma <i>sub-instalação</i>.</p> <p>Rotinas de simulação são demonstradas para modelar adequadamente o desempenho energético real medido na <i>instalação</i>.</p> <p>Esta opção requer habitualmente competências consideráveis em simulação calibrada.</p>	<p>Simulação do consumo de energia, calibrada com dados de faturação por hora ou mensais da empresa de serviços energéticos. (A medição do consumo de energia final pode ser usada para ajudar a refinar dados de entrada.)</p>	<p>Programa de gestão de energia multifacetado, afetando muitos sistemas numa <i>instalação</i> mas onde não existia nenhum medidor no <i>período de referência</i>.</p> <p>Medições do consumo de energia, após a instalação de medidores de gás e de eletricidade, são usados para calibrar a simulação.</p> <p>Consumo de energia do <i>período de referência</i>, determinado utilizando a simulação calibrada, é comparado à simulação do consumo de energia do <i>período de relato</i>.</p>

Tabela 2 – Opções do PIMVP

## 5. PEE

Conforme dispõe a Lei no 9.991, de 24 de julho de 2000, as Empresas concessionárias ou permissionárias de distribuição de energia elétrica, doravante denominadas Empresas, devem aplicar um percentual mínimo da receita operacional líquida em Programas de Eficiência Energética – PEE, segundo regulamentos da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. O objetivo desses programas é demonstrar à sociedade a importância e a viabilidade econômica de ações de combate ao desperdício de energia elétrica e de

melhoria da eficiência energética de equipamentos, processos e usos finais de energia. Para isso, busca-se maximizar os benefícios públicos da energia economizada e da demanda evitada no âmbito desses programas. Busca-se, enfim, a transformação do mercado de energia elétrica, estimulando o desenvolvimento de novas tecnologias e a criação de hábitos racionais de uso da energia elétrica. O Manual dos Programas de Eficiência Energética – MPEE – é um guia determinativo de procedimentos dirigido às Empresas, para elaboração e execução de projetos de eficiência energética regulados pela ANEEL.

A seguir temos o fluxograma do PEE.

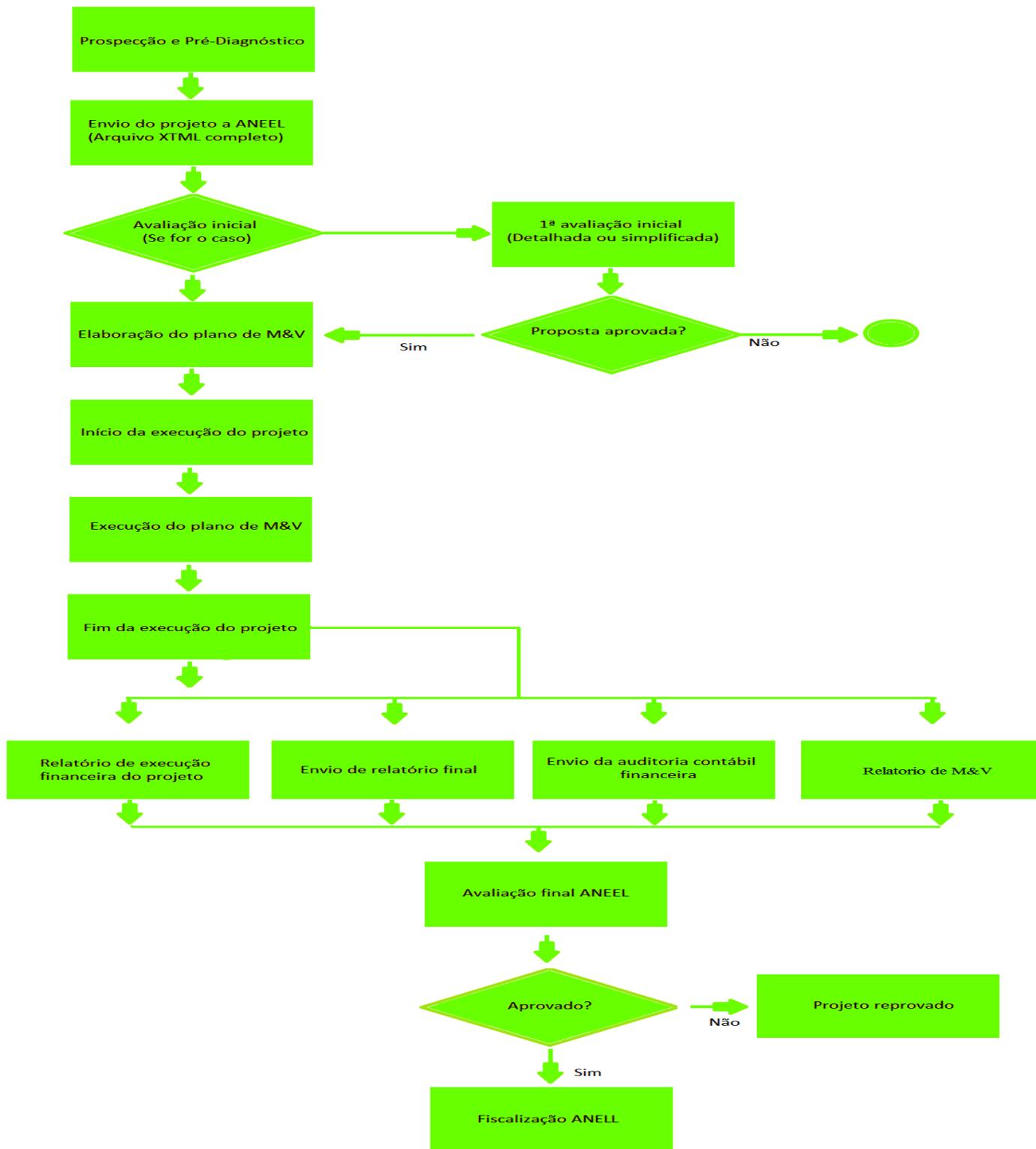


Figura 8 – Fluxograma PEE

## **6. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM COMUNIDADES DE BAIXA RENDA – AGENTE CEAL NAS COMUNIDADES**

Como definido no manual do PEE, as concessionárias e permissionárias de energia deverão aplicar, no mínimo, 50% da obrigação legal de investimento em programas de eficiência energética em projetos voltados a comunidades de baixo poder aquisitivo. O Agente Ceal contempla a substituição de equipamentos ineficientes em unidades consumidoras de baixa renda juntamente com ações educacionais e uma conseqüente divulgação da marca Ceal.

### **6.1 O AGENTE DE RELACIONAMENTO COMUNITÁRIO – AGENTE CEAL**

Tendo em vista as necessidades específicas dos Clientes estabelecidos em áreas de baixo poder aquisitivo, foi estabelecida uma estrutura de trabalho que terá como ator principal a figura do Agente de Relacionamento Comunitário - Agente CEAL. Escolhido dentro de cada comunidade, tendo em vista principalmente a característica da liderança e influência nesta, este foi treinado pela equipe técnica da Ceal e da Contratada, empresa vencedora da licitação do marketing do projeto, com o objetivo de orientar os Clientes. Este agente deve exclusivamente atuar apenas dentro de sua comunidade, buscando atingir os seguintes resultados:

- O aumento da integração e convivência entre a CEAL e comunidades de baixo poder aquisitivo;
- Facilitar o acesso da CEAL para a prestação dos serviços;
- A utilização correta da energia (ações, equipamentos e materiais eficientes);
- Utilização segura da energia evitando acidentes com a população (danos pessoais e materiais);

- A adequação da “conta de energia” à capacidade de pagamento dos Clientes destas comunidades;
- Ser um canal de comunicação entre a CEAL e os Clientes;
- Orientar e atender os Clientes quanto as demandas relativas ao uso e fornecimento da energia elétrica.

## 6.2 Objetivos

Pretende-se visitar cerca de 80.000 domicílios em, ao menos, trinta comunidades de Maceió e em 10 dez cidades circunvizinhas. Dentro destes 80.000 domicílios serão selecionados pela CEAL aproximadamente 25.000. Nestes 80.000 iniciais serão desenvolvidas pelo menos estas seguintes atividades:

- Uso correto da energia;
- Negociação de débitos;
- Acesso às informações e/ou serviços prestados pela CEAL;
- Segurança no uso da energia elétrica;
- Obtenção da Tarifa Social;
- Divulgação da marca CEAL.

Já os 25 mil selecionados receberam os seguintes benefícios, escolhidos de acordo com as condições de adimplência, tarifa social, condição da instalação elétrica, geladeira e tipo de lâmpadas utilizadas.

- Reformas elétricas residenciais
- Instalações de padrões de entrada de energia
- Troca de geladeiras ineficientes em 500 destes domicílios que estejam com ligações irregulares;
- Troca de 100.000 lâmpadas incandescentes por lâmpadas eficientes do tipo fluorescente compactas;

- Troca de 6.000 geladeiras ineficientes, além das 500 já referidas;
- Descarte e manufatura reversa de todos refrigeradores e lâmpadas ineficientes retirados obedecendo toda legislação ambiental.

### 6.3 PROCEDIMENTOS DE VISTORIA

O primeiro passo consiste na visita do agente a UC, neste primeiro contato o agente faz o levantamento da carga, analisa a situação da instalação elétrica, situação da geladeira e lâmpadas, juntamente com as atividades educativas descritas acima. Todos os dados do cliente são guardados através de Smartphone com um software de gestão, e a situação do cliente junto à Ceal é obtida a partir do Ajury, utilizado pelos analistas administrativos, que possuem o poder de renegociar dívidas caso existam, ou realizar o cadastramento do consumidor em caso de ligação clandestina. Caso o Smartphone não venha a funcionar em determinados setores, os dados do cliente são repassados via celular, entrando aí a figura do digitador responsável por colher estes dados. Para receber a geladeira e as lâmpadas, o consumidor deve estar regularizado na Ceal e em dia com seu pagamento, caso isso não ocorra, poderá ser feita uma negociação de sua dívida, ou seu cadastramento, para o caso de ligação clandestina. Abaixo temos um fluxograma que mostra de maneira simplificada o desenvolver das atividades:

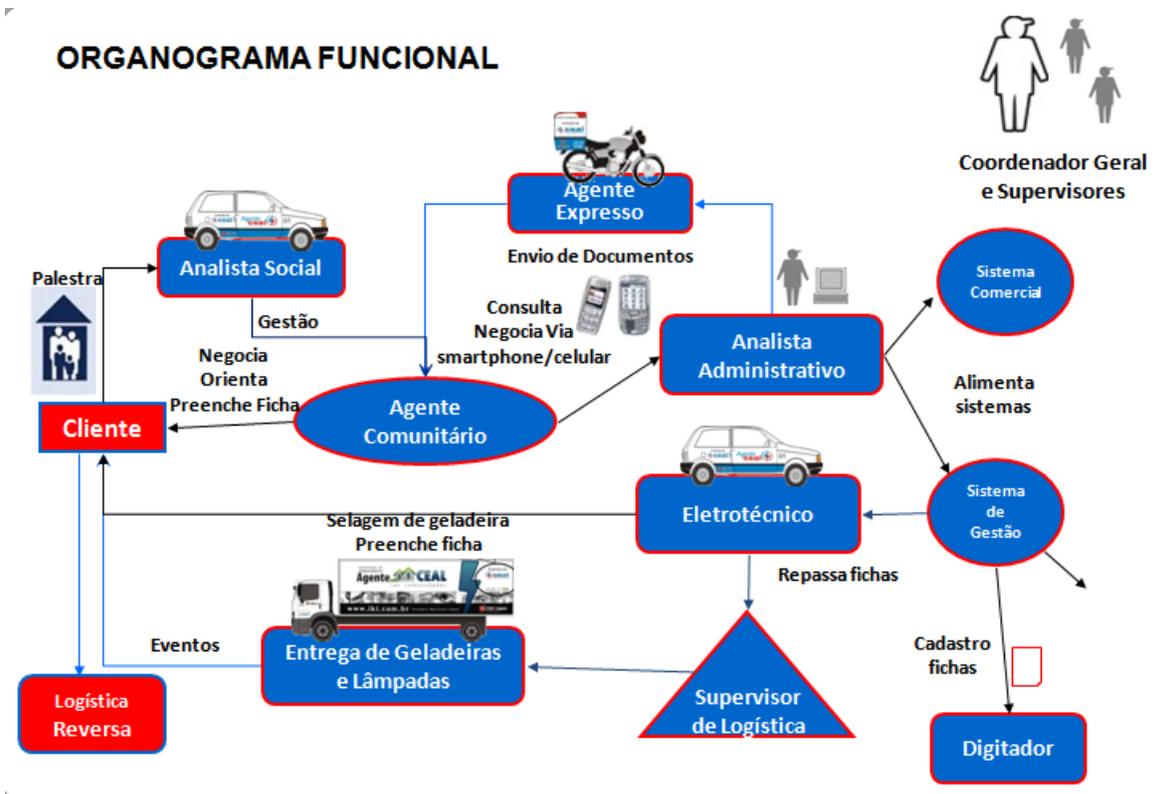


Figura 9 – Organograma funcional

## 6.4 EQUIPE TÉCNICA

A equipe é composta pelos agentes expressos, que são responsáveis pelo envio de fichas e material dos agentes para os analistas administrativos e vice versa, os técnicos responsáveis pelas pós-vistorias de todas as UC's e aprovação da situação da instalação elétrica desta, o analista social responsável pelas palestras e pelo intercâmbio entre a empresa e as comunidades, os digitadores responsáveis pelo preenchimento de fichas e o coordenador do projeto.

A equipe técnica mínima exigida pela CEAL à Contratada para assegurar uma melhor execução dos serviços é:

Para Gestão e Seleção das Unidades Consumidoras:

- 01 Coordenador Geral;
- 01 Supervisor Operacional;
- 01 Técnico em Informática;
- 01 Supervisor de Recursos Humanos;
- 02 Auxiliares Administrativos;
- 01 Auxiliar de Logística, Campanhas de Doações e Eventos;
- 04 Eletrotécnicos;
- 05 Agentes Expressos (motoqueiros);
- 06 Digitadores;
- 10 Analistas Administrativos;
- 50 Agentes CEAL;
- 03 Analistas Sociais.

De acordo com o PEE todo material ineficiente deve ser descartado, abaixo temos a equipe técnica mínima exigida pela CEAL à Contratada, responsável por esta atividade de descarte de materiais e equipamentos:

- 01 Coordenador de Entrega e Descarte de Materiais
- 01 Supervisor Operacional;
- 04 Motoristas;
- 03 Técnicos em refrigeração;
- 10 Entregadores de lâmpada e geladeiras.

## 6.5 METAS

As ações de encontro direto com os moradores (visitas) serão realizadas paralelamente a outras iniciativas (mobilização das comunidades através da equipe de analistas sociais, criação do Grupo de Referência, realização de eventos, etc.) que garantam a adesão e participação da comunidade no Projeto e desperte o interesse de

incorporar em sua cultura os benefícios da utilização correta da energia elétrica. Com esta finalidade, serão desenvolvidas atividades junto às comunidades, de acordo com um Plano de Comunicação, através de campanhas de doações de equipamentos eficientes, ações de incentivo ao uso correto dos serviços prestados pela CEAL, dentre outros. As metas globais a serem atingidas com o Projeto “Agente CEAL” são:

Metas	Qtde
Cadastrros/Visitas	80.000
Doação de lâmpadas eficientes	100.000
Palestras Sociais e Educativas	200
Reformas Clientes Clandestinos (Padrão de Entrada)	500
Validação e Selagem de Geladeiras	6.500
Entrega de Geladeiras	6.500
Gerenciamento, Descarte e Manufatura Reversa de geladeiras	6.500
Retirada de Gás e Óleo do motor	6.500
Gerenciamento, Descarte e Manufatura Reversa de lâmpadas	100.000

Tabela 4 – Metas agente Ceal

O Projeto tem previsão de desenvolvimento de um período de 19 meses a contar da data de assinatura do CONTRATO.

## 6.6 MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO

Nas UC's contempladas com a substituição de geladeira e lâmpadas, deve-se de acordo com o PEE ser feito o processo de M&V, de acordo com o PIMVP descrito anteriormente. Nos projetos de baixa renda, devido à característica de atender muitas unidades consumidoras, as ações de M&V deverão ser realizadas por amostragem. O tamanho da amostra será baseado em um plano de amostragem definido pela norma NBR

5426 com regime de inspeção severa, nível I. O número de unidades consumidoras que farão parte da amostra em relação ao número total de unidades consumidoras atendidas pelo projeto é apresentado na tabela abaixo. As unidades consumidoras que farão parte da amostra deverão ser escolhidas aleatoriamente.

Número de unidades consumidoras	Tamanho da amostra (regime severo, nível 1)
2 a 8	A = 2
9 a 15	A = 2
16 a 25	B = 3
26 a 50	C = 5
51 a 90	C = 5
91 a 150	D = 8
151 a 280	E = 13
281 a 500	F = 20
501 a 1200	G = 32
1201 a 3200	H = 50
3201 a 10000	J = 80
10001 a 35000	K = 125
35001 a 150000	L = 200
150001 a 500000	M = 315

Tabela 5 – Amostragem unidades consumidoras

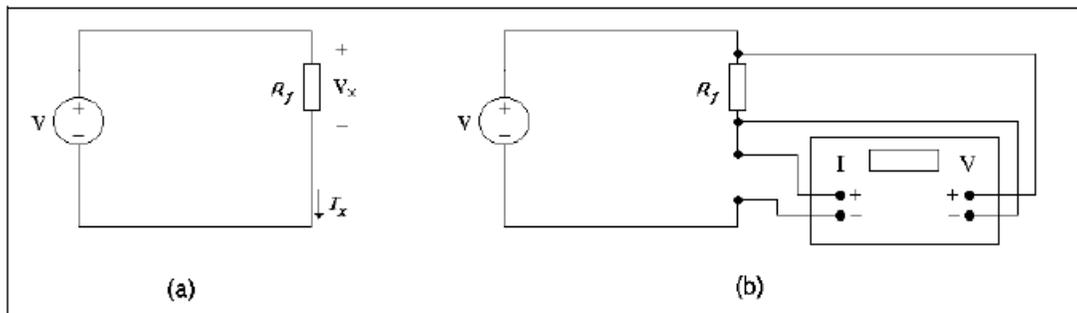
Assim como foram 25000 casas contempladas com a substituição das geladeiras e lâmpadas, de acordo com a tabela teremos que realizar medição pré e pós-retrofit em 125 casas, porém para que possamos descartar os valores espúrios encontrados nos levantamentos de dados realizamos 150 medições.

## 6.7 INSTRUMENTOS UTILIZADOS

Para a medição do consumo das lâmpadas e geladeiras antes e depois da substituição, utilizamos o watímetro e o horímetro que serão melhores descritos abaixo.

## 6.7.1 WATTÍMETRO

Este instrumento serve para medição direta de potência ativa, e indiretamente potência reativa, através do método dos três ou dois wattímetros para sistemas trifásicos. O wattímetro nada mais é do que a combinação de um voltímetro e um amperímetro. A corrente medida é multiplicada pela tensão também medida e o resultado é a potência. O procedimento de medição de potência é mostrado na figura abaixo.



Medição de potência. (a) Potência a ser medida  $P = V \cdot I$  (b) Ligação do Wattímetro.  
Figura 10 – Representação Wattímetro

Em nossas medições foram utilizados os wattímetros da KRON ECONOMIC, cujo modelo foi o MKE-01, conforme figura abaixo.



Figura 11 – Foto Wattímetro

Este wattímetro foi utilizado para medição do consumo das geladeiras, instalado em série nestas durante um período de sete dias. Os dados foram obtidos nos seguintes passos:

- 1- Anotamos o valor do número indicado no contador do MKE e o horário inicial.
- 2- Conectamos o equipamento a ser medido o consumo, nosso caso a geladeira, em série ao MKE conforme figura abaixo.
- 3- Registramos o valor final e o horário após sete dias.
- 4- Para determinar o consumo anual subtraímos o valor inicial do valor final e dividimos pelo número de horas que a geladeira ficou ligada, neste caso estipulamos que a geladeira permaneceu ligada durante 16,8 horas por dia, conforme fórmulas abaixo:

$$\frac{\text{Valor inicial} - \text{Valor final}}{\text{Total de horas}} = \text{Potência Média}$$

$$\text{Potência média} \times \text{N}^{\circ} \text{ de horas} \times \text{N}^{\circ} \text{ de dias} = \text{Energia consumida (KW/h)}$$

Para estipular o consumo em um ano:

$$\text{Potência média} \times 16,8 \times 365 = \text{Energia por ano (MW/h)}$$

Assim procedemos com a comparação entre os consumos pré e pós-retrofit, para identificarmos os custos evitados de energia e demanda.

## 6.7.2 HORÍMETRO

Indica o número de horas trabalhadas pelo equipamento, acumulando este tempo de trabalho. Sua função principal é indicar o momento em que as manutenções preventivas devem ser realizadas. Utilizamos o modelo H-1115 do fabricante Rodelta, conforme figura abaixo.



Figura 12 – Foto Horímetro

Em nossa aplicação utilizamos o equipamento para determinar o número de horas que as lâmpadas ficaram ligadas durante um período de sete dias, procedendo da seguinte forma:

1- Determinação da potência nominal da lâmpada através de simples observação nesta.

2- Instalação do equipamento.

3- Determinação do número de horas que a lâmpada permaneceu ligada durante sete dias, por inspeção direta na tela do Horímetro.

4- Determinar o número médio de horas que a lâmpada permaneceu ligada durante um dia, através da divisão do número de horas obtido anteriormente pelo número de dias.

$$\frac{\text{Nº de horas}}{\text{Nº de dias}} = \text{Média horas/dia}$$

5- Determinação do consumo através da multiplicação da potência média pelo número médio de horas.

$$\text{Potência média} \times \text{Nº médio de horas} = \text{Energia consumida}$$

Para estipular o consumo durante um ano basta multiplicar este valor por 365. Assim procedemos com a comparação entre os consumos pré e pós-retrofit, para identificarmos os custos evitados de energia e demanda.

## 6.8 DESCRIÇÃO DOS CUSTOS

CUSTOS DIRETOS	
Materiais/Equipamentos	R\$ 6.565.428,56
Mão de Obra Própria	R\$ 355.300,00
Mão de Obra de terceiros	R\$ 5.842.487,71
Transporte	R\$ 1.054.109,34

CUSTOS INDIRETOS	
ADM Própria	R\$ 105.000,00
Marketing e Ações Educacionais	R\$ 651.553,43
Descarte de Materiais	R\$ 322.670,96
Medição e Verificação	R\$ 375.000,00

<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>R\$ 15.271.550,00</b>
--------------------	--------------------------

Tabela 6 – Descrição dos custos

Dentro destes custos temos as discriminações a seguir:

- Materiais/Equipamentos: Incluso todo material necessário às ações (Material de suprimento, lâmpadas, materiais para reforma de instalações, geladeiras, etc.)
- Mão de Obra Própria: Custo a ser revertido para a própria CEAL pela dedicação de 3 engenheiros e 1 eletrotécnico.
- Mão de Obra de terceiros: Custo para mão de obra da empresa executora envolvida em todas as ações do projeto (Visitas, Seleção e Cadastro de UCs, Treinamento, Palestras, Execução das reformas de instalações, Descarte, etc)
- Transporte: Custo de transporte para execução de todas ações do projeto
- ADM Própria: Custo a ser revertido para a própria CEAL através do RAG
- Marketing e Ações Educacionais: Custos para ações de divulgação do projeto e da própria empresa junto à população, assim como para ações educacionais a serem desenvolvidas dentro das comunidades.

- Descarte de materiais: Custos para operacionalização do descarte de todos os equipamentos ineficientes retirados, fazendo manufatura reversa e retirada de gases e óleos, além do envio para correta destinação final em empresa autorizada provavelmente em São Paulo.
- Medição e Verificação: Custo a ser revertido para a própria CEAL que irá executar a medição e verificação do projeto de acordo com o Protocolo Internacional e atendendo regulamentação da ANEEL.

## Anualização

Conforme Manual do Programa de Eficiência Energética publicado pela ANEEL em fevereiro de 2008, para cálculo da Relação Custo x Benefício do projeto os custos devem ser anualizados conforme fórmulas abaixo:

### a) Cálculo do Custo Anualizado Total ( $CA_{TOTAL}$ )

$$CA_{TOTAL} = \sum CA_{equip1} + CA_{equip2} + \dots + CA_{equipn}$$

#### a1) Cálculo do Custo Anualizado dos equipamentos com mesma vida útil ( $CA_{equipn}$ ):

$$CA_{equipn} = CPE_{equipn} \times FRC$$

#### a2) Cálculo do Custo dos equipamentos e/ou materiais com mesma vida útil ( $CPE_{equipn}$ ):

$$CPE_{equipn} = CE_{equipn} + \left[ (CT - CTE) \times \frac{CE_{equipn}}{CTE} \right]$$

- $CPE_{equipn}$  - custo dos equipamentos com a mesma vida útil, acrescido da parcela correspondente aos outros custos diretos e indiretos. Esta parcela é proporcional ao percentual do custo do equipamento em relação ao custo total com equipamentos.

- CEquipn – Custo somente de equipamento com mesma vida útil
- CT - Custo total do projeto (custos diretos + custos indiretos)
- CTE – Custo total somente de equipamentos
- n - vida útil (em anos)
- i - taxa de juros (taxa de desconto)
- CA Total: Custo Anualizado Total

DADOS	LÂMPADAS	GELADEIRA
i (%)	8,00%	8,00%
n (anos)	5	10
FRC	0,250456455	0,149029489
TOTAL DE EQUIP	100.000	6.500
CE EQUIP (R\$)	1.218.750,00	4.306.250,00
CT (R\$)	15.271.550,00	15.271.550,00
CTE (R\$)	5.525.000,00	5.525.000,00
CPEQUIP n (R\$)	3.368.724,26	11.902.825,74
CA EQUIP (R\$)	843.718,74	1.773.872,03

	LÂMPADAS	REFRIGERAÇÃO	TOTAL
CA TOTAL (R\$)	843.718,74	1.773.872,03	<b>2.617.590,77</b>

Tabela 7 – Anualização dos custos

## 6.9 DESCRIÇÃO DOS BENEFÍCIOS

Através da troca de 100.000 lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas, além da substituição de 6.500 geladeiras ineficientes por geladeiras novas com Selo Procel, estima-se obter as seguintes economias de energia e demanda:

- Preço das geladeiras R\$ 625,00

- Preço das lâmpadas 15 watts – R\$11,88  
20 watts – R\$12,50

Foram compradas 50.000 lâmpadas de cada um dos dois tipos, sendo que as de 15 watts foram utilizadas para substituir as antigas de 80 watts, enquanto as de 20 watts substituíram as de 80 watts, de acordo com um levantamento feito sobre o uso de lâmpadas fluorescentes feito anteriormente. Utilizando as fórmulas abaixo obtemos a energia economizada e a redução de demanda.

$$RDP = [(NL_1 \times PL_1 + NR_1 \times PR_1) - (NL_2 \times PL_2 + NR_2 \times PR_2)] \times FCP \times 10^{-3} \quad (kW)$$

$$EE = [(NL_1 \times PL_1 + NR_1 \times PR_1) - (NL_2 \times PL_2 + NR_2 \times PR_2)] \times t \times 10^{-6} \quad (MWh/ano)$$

onde:

- NL<sub>1</sub> – quantidade de lâmpadas do sistema existente
- NL<sub>2</sub> – quantidade de lâmpadas do sistema proposto
- PL<sub>1</sub> – potência da lâmpada do sistema existente (W)
- PL<sub>2</sub> – potência da lâmpada do sistema proposto (W)
- NR<sub>1</sub> – quantidade de reatores do sistema existente
- NR<sub>2</sub> – quantidade de reatores do sistema proposto
- PR<sub>1</sub> – potência do reator do sistema existente
- PR<sub>2</sub> – potência do reator do sistema proposto
- t - tempo de utilização das lâmpadas no ano, em horas
- FCP - Fator de Coincidência na Ponta a ser definido pela concessionária

Energia Economizada	MWh/ano
Lâmpadas	11.406,25
Geladeiras	3.549,00
<b>Total</b>	<b>14.955,25</b>

Redução de Demanda	kW
Lâmpadas	4.375,00
Geladeiras	283,60
<b>Total</b>	<b>4.658,60</b>

Os custos evitados unitários de energia e demanda na baixa tensão para a CEAL no ano de 2009 são tidos por:

$$CED = (12 \times C_1) + (12 \times C_2 \times LP) \quad [R\$/kW.ano]$$

Custo Unitário Evitado de Energia (CEE)

$$CE = \frac{(C_3 \times LE_1) + (C_4 \times LE_2) + (C_5 \times LE_3) + (C_6 \times LE_4)}{LE_1 + LE_2 + LE_3 + LE_4} \quad [R\$/MWh]$$

onde:

- LP - constante de perda de demanda no posto fora de ponta, considerando 1kW de perda de demanda no horário de ponta.
- LE1, LE2, LE3 e LE4 - constantes de perdas de energia nos postos de ponta e fora de ponta, para os períodos seco e úmido, considerando 1kW de perda de demanda no horário de ponta.
- C1 - custo unitário da demanda no horário de ponta [R\$/kW.mês];
- C2 - custo unitário da demanda fora do horário de ponta [R\$/kW.mês];
- C3 - custo unitário da energia no horário de ponta de períodos secos [R\$/MWh];
- C4 - custo unitário da energia no horário de ponta de períodos úmidos [R\$/MWh];
- C5 - custo unitário da energia fora do horário de ponta de períodos secos [R\$/MWh];
- C6 - custo unitário da energia fora do horário de ponta de períodos úmidos [R\$/MWh]

$$CEE = 126,48 \text{ (R\$/MWh)}$$

$$CED = 947,69 \text{ (R\$/kW.ano)}$$

Sendo assim, através das economias esperadas obteremos os seguintes custos evitados totais:

	LÂMPADAS	REFRIGERAÇÃO	TOTAL
<b>CED x RDP (R\$)</b>	4146143,75	268760,9894	<b>4414904,739</b>
<b>CEE x EE(R\$)</b>	1442662,5	448877,52	<b>1891540,02</b>

Tabela 8 – Custos evitados totais

## 6.10 CÁLCULO DA RELAÇÃO CUSTO X BENEFÍCIO (RCB):

Para cálculo do RCB geral do projeto, devem ser calculados os RCBs parciais por uso final e posteriormente realizar a média ponderada pela Energia Economizada. Sendo assim, temos os seguintes RCBs parciais:

$$B = (EE \times CEE) + (RDP \times CED)$$

onde:

- EE - Energia Economizada (MWh/ano)
- CEE - Custo Evitado de Energia (R\$/MWh)
- RDP - Redução de Demanda na Ponta (kW)
- CED - Custo Evitado de Demanda (R\$/kW.ano)

$$RCB = \frac{\text{Custos Anualizados}}{\text{Benefícios Anualizados}}$$

	LÂMPADAS	REFRIGERAÇÃO	TOTAL
<b>CA TOTAL (R\$)</b>	843.718,74	1.773.872,03	2.617.590,77
<b>CED (R\$)</b>	4146143,75	268760,9894	4414904,739
<b>CEE (R\$)</b>	1442662,5	448877,52	1891540,02

<b>RCB</b>	<b>0,150965823</b>	<b>2,471818346</b>
------------	--------------------	--------------------

Realizando a média ponderada dos RCBs parciais pela Energia Economizada de cada uso final, obtemos o seguinte RCB geral:

<b>RCB</b>	<b>0,70</b>
------------	-------------

Isto indica que o projeto possui uma eficiência de 30%, superior aos 20% mínimos exigidos pela legislação.

## **7. DIMENSIONAMENTO DE MOTOBOMBAS EFICIENTES – PROJETO CASAL 800**

### **7.1 DESCRIÇÃO**

Boa parte do abastecimento de água da cidade de Maceió é feito através de poços artesianos, são cerca de 180 unidades espalhadas por toda cidade, totalizam uma vazão de cerca de 2.000 l/s. A água é apenas clorada, pois sua qualidade dispensa outro tipo de tratamento. Respondem por cerca de 60% da vazão produzida na capital. Estão incluídos, neste total, tanto os poços que pertencem a Sistemas isolados, normalmente atendendo conjuntos habitacionais específicos, quanto os que se encontram interligados no macro sistema de abastecimento de Maceió. Assim é necessário uma preocupação especial a respeito do consumo de energia destas motobombas. Acompanhamos o projeto Casal 800 que substituiu 31 motobombas antigas por motobombas novas e mais eficientes.

Como sabemos é obrigatória a aplicação de recursos, pelas concessionárias ou permissionárias do serviço público de distribuição de energia elétrica, em Programas de Eficiência Energética de acordo com o regulamento estabelecido pela ANEEL. A tipologia deste projeto dentro do PEE é de Serviço público, que visa melhoria da eficiência energética de sistemas de abastecimento de água. Há a possibilidade de o CLIENTE auferir benefícios diretos com a implementação de ações de soluções energéticas – através de investimentos realizados pela CEAL – passíveis de verificação por meio de indicadores de intensidade energética ou de medição direta, permitindo constatar a redução da demanda e do consumo de energia. A economia de capital obtida com a redução do consumo será utilizada para o pagamento do material utilizado para realização do projeto, e também para o pagamento de uma dívida existente da empresa Casal junto a Ceal.

## 7.2 PLANO DE M&V

Neste projeto será aplicada a Opção B – “Retrofit Isolado”, onde todos os parâmetros de influência do consumo são medidos. No *retrofit* de troca de moto-bombas submersas todos os parâmetros podem ser medidos diretamente, sem a necessidade de estimativas, o que torna recomendável a Opção B, em outras palavras, sua ação é isolada e não apresenta impacto em outros usos de energia, o que torna possível a adoção de medições diretas e limitadas aos equipamentos que serão substituídos.

Foram efetuadas medições de demanda máxima por segmento horário (NP e FP) e o consumo para períodos de integralização de 15 minutos utilizando Registradores Eletrônicos. Pelo lado hidráulico foram registradas a Pressão e a Vazão para o mesmo período de integralização e de forma sincronizada com as grandezas elétricas. As medições foram efetuadas por pelo menos 24 horas para as condições *pré* e serão feitas para o mesmo período nas medições *pós-retrofit*.

## 7.3 MATERIAL USADO

Bem, para o correto dimensionamento das novas motobombas devemos realizar de maneira mais precisa possível o levantamento dos dados necessários a esse dimensionamento. Portanto foi preciso a obtenção de dados hidráulicos e elétricos a respeito do comportamento das motobombas antigas, para assim proceder como o correto dimensionamento motobombas mais eficientes. Posteriormente a instalação das novas motobombas foram realizadas as mesmas medições, para desta vez comprovar a eficácia do projeto, de acordo com o plano de M&V escolhido. Para isto foram utilizados os seguintes instrumentos.

### 7.3.1 MALETA LAMON MD HIDRO 3.2

O medidor eletrônico de parâmetros hidráulicos denominado maleta da série MD HIDRO trata-se de um equipamento eletrônico, projetado e montado especificamente para medição e registro simultâneo da pressão e vazão dos sistemas dinâmicos de um abastecimento. Por se tratar de um equipamento microprocessado, na sua função principal que é a medição de vazão, torna-se possível a sua reconfiguração para qualquer variável de engenharia, correlacionada com a vazão através de sua medição primária que é o  $\Delta P$ , por exemplo:

- $\Delta P$ : mmH<sub>2</sub>O, ou qualquer outra unidade
- Velocidade: m/s, ou qualquer outra unidade
- Vazão: m<sup>3</sup>/s, ou qualquer outra unidade na função linear
- Medição de pressão: Valor final em mca
- Saída de pulso: Valor fixo na unidade, pulso/min

Abaixo temos uma foto da respectiva maleta.



Figura 13 – Maleta Lamon MD Hidro 3.2

### 7.3.2 SAGA 4000

Já para medição dos parâmetros elétricos foi utilizado o SAGA 4000, um registrador de variáveis elétricas fabricado pela ESB. Com este instrumento foi possível a obtenção da energia consumida e da demanda de energia durante um certo período em que permaneceu instalado na unidade consumidora. Com ele é possível verificar vários fatores a respeito da motobomba, como determinação de classe de consumo e tempo em que esta permanece ligada durante um dia de funcionamento.

Vários outros parâmetros podem ser determinados com o SAGA, como corrente nas fases, fator de potência, tensão nas fases, taxa de distorção harmônica entre outros. Abaixo temos uma foto do instrumento:



Figura 14 – Registrador de variáveis elétricas Saga 4000

### 7.4 MEDIÇÃO PRÉ-RETROFIT

Bem para o correto dimensionamento das motobombas, foi feito o levantamento dos parâmetros elétricos e hidráulicos necessários com os instrumentos descritos acima. Vamos agora mostrar um passo a passo do que foi realizado.

Primeiramente foram instalados os dois equipamentos (SAGA e Maleta Lamon) simultaneamente e sincronizados, para que tivéssemos todos os parâmetros necessários num determinado horário. A figura a seguir ilustra detalhes da instalação da Maleta Lamon, instalada em um ponto determinado ponto pitométrico logo na saída do poço:



Figura 15 – Foto da instalação da maleta Lamon

A seguir temos uma figura que mostra a instalação do SAGA 4000, porém em certos locais onde existiam medidores de energia digitais, os dados foram retirados diretamente destes.



Figura 16 – Foto instalação Saga 4000

Instalados os equipamentos procedemos com a captação dos dados, os hidráulicos foram vazão e pressão, e o elétrico foi a potência consumida, todos foram medidos em um intervalo de 15 minutos.

## 7.5 DIMENSIONAMENTO DAS NOVAS MOTOBOMBAS

Feito o levantamento dos dados necessários, vamos proceder agora com o dimensionamento da motobomba. Esses cálculos foram feitos para todas as 31 motobombas, porém vamos mostrar aqui apenas o dimensionamento da motobomba PAM1, onde os dados apresentam-se na tabela anterior, que se estende a todas demais.

Devemos ter além dos dados medidos, alguns valores próprios de cada poço, como o nível dinâmico, comprimento do tubo edutor, número de conexões existentes, material do tubo edutor e diâmetro.

Os dados necessários para o dimensionamento da nova motobomba são a vazão e altura manométrica, como a própria maleta já nos dá esta vazão devemos proceder à encontrar a altura manométrica. Como sabemos a altura manométrica é encontrada pela seguinte equação:

$$A_{mt} = \text{perdas} + \text{altura de recalque} + \text{nível dinâmico}$$

Como já temos o nível dinâmico do poço, devemos determinar a altura de recalque e as perdas. A maleta nos fornece a pressão no ponto pitométrico em mca, que representa o somatório de todas as perdas do ponto de medição adiante, inclusive altura de recalque, então devemos calcular as perdas apenas antes do ponto pitométrico para que somada com esta pressão, nos forneça as perdas totais.

### **Perdas singulares**

Nosso sistema e composto pelos seguintes elementos:

- 1 Registro de gaveta aberto,  $k=0,6$
- 3 Curvas de 90°,  $k=0,4$
- 1 Válvula de controle da bomba,  $k=0,2$
- 9 Luvas,  $k=1$
- 1 Válvula de retenção,  $k=2,5$

Onde  $k$  é o coeficiente experimentalmente tabelado para cada tipo de acessório, em função do diâmetro da tubulação.

Assim devemos determinar inicialmente a velocidade de escoamento, pela seguinte fórmula:

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} = 2,33 \text{ m/s}$$

Onde:

$Q$  = Vazão média ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$D$  = Diâmetro (m)

Assim procedemos calculando as perdas para cada componente:

A fórmula geral é:

$$\text{Perdas} = \frac{V^2 \times k}{2 \times g} \times n$$

Onde:

$V$  = Velocidade (m/s)

$K$  = Coeficiente experimental

$g = \text{Aceleração da gravidade (m/s}^2\text{)}$

$n = \text{Total de peças de cada tipo}$

- Registro de gaveta aberto

Perdas = 0,17 mca

- Curvas de 90°

Perdas = 0,33 mca

- Válvula de controle da bomba

Perdas = 0,06 mca

- Luvas

Perdas = 2,49 mca

- Válvula de retenção

Perdas = 0,69 mca

Então o total das perdas singulares é o somatório de todas anteriores.

Perdas singulares = 3,74 mca

Calculamos agora as perdas no edutor, porém antes devemos determinar o número de Reynolds que vai nos fornecer informação a respeito do tipo de escoamento.

$$Re = \frac{V \times D}{\nu} = 221387$$

Onde:

V = Velocidade (m/s)

D = Diâmetro (m)

$\nu \approx$  Viscosidade cinemática do fluido ( $10^{-6}$  m/s<sup>2</sup>)

Devido o diâmetro medido do tubo edutor ser diferente do diâmetro nominal fornecido, devemos calcular uma nova velocidade, feitos os cálculos

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} = 2,12 \text{ m/s}$$

Onde:

Q = Vazão média (m<sup>3</sup>/s)

D = Diâmetro real do tubo edutor (m)

Como  $Re > 4000$  (segundo norma da ABNT) temos um escoamento turbulento. Assim para determinarmos o fator de atrito, necessário ao cálculo das perdas, utilizamos a seguinte aproximação;

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left[ \frac{k}{3,7D} + \left( \frac{7}{Re} \right)^{0,9} \right]$$

f = Fator de atrito

Re = Número de Reynolds

D = Diâmetro do tubo edutor

Onde encontramos um valor de  $f = 0,0241105$ .

Agora sim podemos determinar as perdas;

$$h_{fN} = \frac{L \times V^2}{\dots} \times f = 4,63 \text{ mca}$$

$$2x g x D$$

Onde:

L = Comprimento da tubulação (m)

V = Velocidade de escoamento (m/s)

g = Gravidade (m/s<sup>2</sup>)

D = Diâmetro do tubo (m)

f = Fator de atrito

Agora podemos encontrar as perdas totais:

Perdas totais = Perdas singulares + Perdas no edutor

Perdas totais = 8,37 mca

E nossa altura manométrica será:

AMT = Perdas totais + Nível dinâmico + Máxima pressão medida

AMT = 99,34 mca

Portanto agora temos os dois fatores fundamentais para o dimensionamento da motobomba (Altura manométrica e vazão), claro que devemos ter em mãos também outros dados, como número de fases disponíveis, tensão, diâmetro da motobomba e características próprias construtivas do poço, para assim escolhermos a motobomba que se adéqua de forma perfeita a aplicação, de acordo com o fabricante.

De posse destes dados só nos resta pesquisar a motobomba ideal para esta aplicação, escolhemos o fabricante Grundfos e no próprio site da empresa fizemos este dimensionamento. A motobomba indicada foi a SP 60 -8 onde abaixo temos detalhes do dimensionamento:

### Resultado do dimensionamento

Tipo	SP 60-8
Quantidade * Motor	1 * 22 kW , 380 V
Caudal	70.4 m <sup>3</sup> /h (+7 %)
H total	92.8 m
Potência P1	27.8 kW
Potência P2	23.6 kW
Corrente (nominal)	56.5 A
Corrente (real)	50.4 A
Cos phi (real)	0.84
Bomba Eta	75.3 %
Motor Eta	85.0 %
Total Eta	64.0 % =Bomba Eta * motor Eta
Caudal total	240535 m <sup>3</sup> /ano
Consumo energético espec.	0.4207 kWh/m <sup>3</sup> 4.62 Wh/m <sup>3</sup> /m
Consumo energético	101190 kWh/Ano
Preço	A pedido EUR
Custos energ.	5059 EUR /Ano
Preço+custos energét.	A pedido EUR /Anos

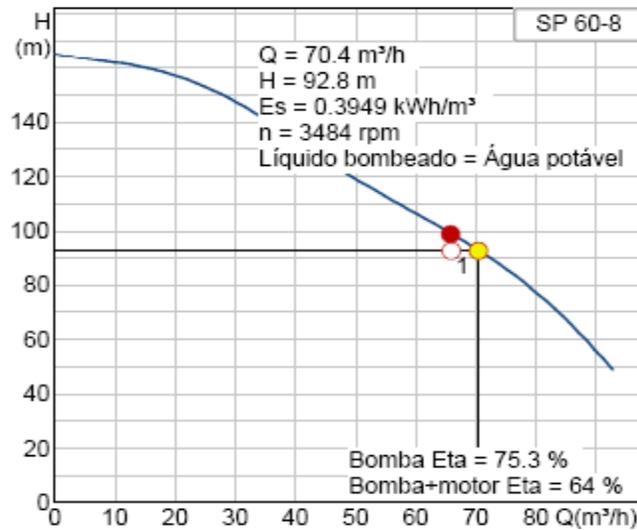


Figura 17 – Resultado do dimensionamento motobomba PAM1

Onde dimensionamos de forma a atender os valores máximos de vazão e altura manométrica.

A escolha da melhor motobomba é feito através do ponto de operação fornecido do sistema, no nosso caso os valores máximos de vazão e pressão, de modo que este se adéqüe a melhor faixa de rendimento de uma determinada motobomba. Pois como sabemos o gráfico do rendimento se comporta da seguinte forma:

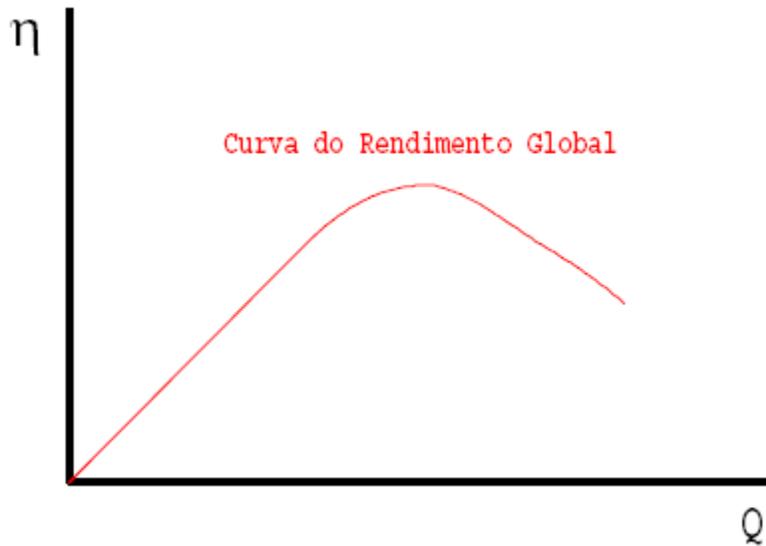


Figura 18 – Curva do rendimento de uma motobomba

Então vemos que o rendimento máximo se encontra dentro de uma faixa estreita, assim o cruzamento do ponto de operação com o ponto de máximo rendimento da motobomba, se dá como a seguir:

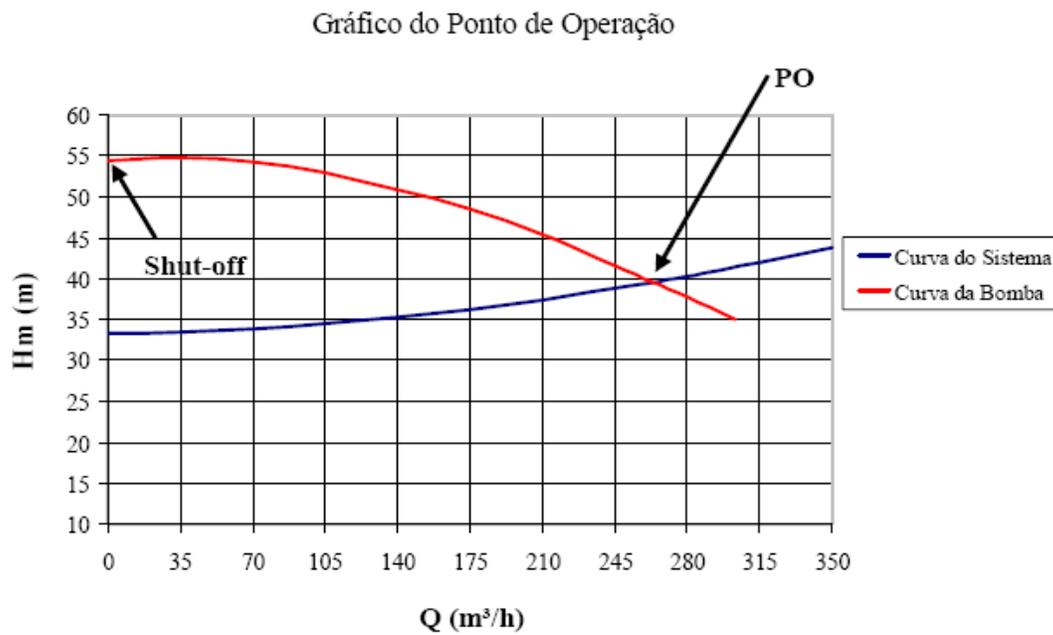


Figura 19 – Gráfico do ponto de operação da motobomba e do sistema

Então o quando fornecemos os dados ao fornecedor o que ele faz é encontrar uma determinada motobomba, que naquele ponto de operação do sistema tenha o maior rendimento, reduzindo consideravelmente nosso trabalho, pois teríamos que analisar os comportamentos uma a uma e escolher a que melhor se adéqua.

## **8. DESENVOLVIMENTO DO ESTÁGIO**

### **8.1 ASSESSORIA DE PERQUISA DESENVOLVIMENTO E CONSERVAÇÃO DE ENERGIA**

O estágio foi desenvolvido no prédio sede da empresa CEAL na cidade de Maceió. Durante toda duração deste, permaneci na Assessoria de Pesquisa Desenvolvimento e Conservação de Energia (APD). A Assessoria de Pesquisa Desenvolvimento e Conservação de Energia esta ligada à presidência da Companhia Energética de Alagoas. Compõem a equipe da APD quatro Engenheiros Eletricistas e um Técnico Industrial, além de contar com o apoio de auxiliares administrativos e consultoria especializada. Atualmente os principais programas dentro do escopo de atividades da APD são:

- Uniformizar os processos de elaboração de editais e dos relatórios a serem apresentados a ANEEL.
- Orientar quanto às análises das propostas de fornecedores, coordenar e orientar quanto à gestão de recursos disponibilizados para cada ciclo dos programas de P&D e EE.
- Uniformizar os processos de elaboração de lançamento de editais nas empresas de distribuição.
- Coordenar os projetos de P&D e EE para homologação da ANEEL e audiência Pública presencial com a ANEEL, para defender os projetos de P&D e EE.

Esta área prima pela excelência no desenvolvimento de soluções práticas e inovadoras para fornecimento de energia aos clientes da CEAL, seus objetivos são:

- Propor estratégias de melhorias na elaboração de editais e dos relatórios para envio a ANEEL.
- Orientar quanto às análises das propostas apresentadas e coordenar os recursos disponibilizados para os Programas de P&D e Eficiência Energética (EE) nas empresas de distribuição.

## 8.2 OBJETIVOS

O foco principal do estágio foi o acompanhamento dos projetos Agente Ceal nas Comunidades e do projeto Casal 800, que trata da substituição de motobombas como comentado anteriormente. Porém no decorrer do estágio tive a oportunidade de participar de outras atividades que serão melhores descritas a seguir, e ter uma idéia do andamento dos projetos de Pesquisa e Desenvolvimento desenvolvidos na própria assessoria.

## 8.3 AS AÇÕES ACOMPANHADAS

Durante a primeira semana de estágio o foco principal foi o acompanhamento de medições. Durante esta semana acompanhei a instalação dos equipamentos para medição pré-retrofit, de um projeto de Eficiência Energética que já estava sendo desenvolvido. Este projeto tratava da substituição de lâmpadas incandescentes e ar condicionado, então o principal objetivo deste acompanhamento foi a familiarização com a instalação e programação do Saga 800.

Na segunda semana de estágio passei a acompanhar medições do projeto Casal 800. Neste período visitei poços e observei a instalação da maleta Lamon e do Saga 800, observando os procedimentos para tratamento dos dados após sua coleta principalmente

para a maleta. Pude observar também a substituição das motobombas antigas pelas novas, e características construtivas dos poços.

Durante outra semana participei de dois seminários ocorridos na própria Maceió. O primeiro foi um seminário sobre substituição de redes aéreas por redes subterrâneas, e o segundo foi o Seminário Internacional de Eficiência Energética. Neste pude ampliar minha noção sobre eficiência energética, me proporcionando conhecimentos que puderam ser utilizados para escrita deste relatório.

Em outra semana acompanhei as medições do projeto Agente Ceal, no qual pude me familiarizar com a instalação do Wattímetro e do Horímetro, concluindo assim a parte prática de medição e verificação dos projetos acompanhados. Tive a oportunidade também de acompanhar a troca das lâmpadas deste projeto, no qual os consumidores entregavam suas lâmpadas incandescentes e recebiam lâmpadas fluorescentes compactas e eficientes. Foi fornecida a mim também uma planilha, e uma explanação sobre esta, para análise de contratos de tarifas e demandas, utilizada para fazer a análise anterior no poço PAM1

No restante do estágio permaneci na assessoria observando a parte mais administrativa dos projetos. Onde pude adquirir conhecimentos sobre o andamento dos projetos de Eficiência Energética e Pesquisa e Desenvolvimento dentro da Ceal e na ANNEL. No mês final comecei a escrita dos relatórios, onde pude contar com a ajuda dos engenheiros para sanar todas as dúvidas, facilitando assim a compreensão e o conseqüente desenvolver dos relatórios.

## **9.0 CONCLUSÃO**

Acredito que foram alcançadas as expectativas a respeito do estágio, visto que pude ter contato com a parte prática e teórica a respeito dos projetos de eficiência energética.

Adquirindo uma idéia do funcionamento de uma empresa, principalmente no que diz respeito ao setor de Pesquisa e Desenvolvimento.

## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Manual do programa de eficiência energética da ANEEL, de 12 de fevereiro de 2008, disponível no site [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br)
- Manual do programa de pesquisa e desenvolvimento tecnológico do setor de energia, versão publicada em maio de 2008, disponível no site [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br)
- Protocolo internacional de medição e verificação de performance, publicado em abril de 2007 disponível no site [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br)