

PROJETO DE IMPLEMENTAÇÃO DO LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E HIDRÁULICA EM SANEAMENTO DA UFPB - LENHS/UFPB

Heber Pimentel Gomes¹; Luiz Simão de Andrade Filho¹; Saulo de Tarso Marques Bezerra¹;
Simplicio Arnaud da Silva²; Marco Aurélio R. G. Moreira³

Resumo - Este trabalho apresenta as ações de implementação do Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento da Universidade Federal da Paraíba – LENHS Nordeste. O LENHS é resultado do desenvolvimento de ações integrantes do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL SANEAR - das Centrais Elétricas Brasileiras S. A. - ELETROBRÁS. Este laboratório desenvolverá atividades de ensino, pesquisa e extensão, relacionadas ao uso eficiente da energia e da água no saneamento. Seu objetivo maior será gerar economia de energia por intermédio do combate aos desperdícios e incrementos na eficiência energética de sistemas e equipamentos, reduzindo custos e aumentando a competitividade setorial. Para isso contará com instalações físicas modernas, infraestrutura de laboratório e de campo além de pessoal qualificado, incluindo alunos de mestrado e doutorado, de forma a tornar o LENHS um centro de referência para região nordeste brasileira, no que diz respeito a atividades destinadas à eficiência energética e hidráulica em saneamento.

Abstract - This work presents the actions developed for the creation of the Laboratory of Energy and Hydraulic Efficiency in Water Supply and Sanitation – LENHS, of the Federal University of Paraíba - UFPB. LENHS is the result of the development of integral actions according to the National Program of Conservation of Electric Energy - PROCEL SANEAR of Brazilian Electric Central S. A. - ELETROBRÁS. This laboratory will develop teaching activities, research and extension, related to the efficient use of energy and water in water supply and sanitation. Its main objective will be to save energy by reducing wastes and increasing the energy efficiency of systems and equipment, reducing costs and increasing the sectorial competitiveness. For that, it will have modern physical installations, laboratories and field infrastructure, besides qualified personnel, including master and doctor degree students, so as to develop LENHS into an important research center for the Brazilian northeast area, making this laboratory a reference to activities regarding the energy and hydraulic efficiency in water supply and sanitation.

Palavras chaves: LENHS, eficiência energética e hidráulica, laboratório

Keywords: LENHS, energy and hydraulic efficiency, laboratory

¹ Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento, Centro de Tecnologia, UFPB. CEP 58050-900, João Pessoa, Brasil. E-mail's: heber@lrh.ct.ufpb.br, simao@lrh.ct.ufpb.br e saulo@lrh.ct.ufpb.br.

² Laboratório de Acionamentos e Controles Elétricos, Departamento de Engenharia Mecânica, CT/UFPB. CEP 58050-900, João Pessoa, Brasil. E-mail: s.arnaud@jpa.neoline.com.br.

³ PROCEL SANEAR – ELETROBRÁS. Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: marcoam@eletrobras.gov.br

INTRODUÇÃO

O abastecimento público de água, da Roma antiga até parte do século passado, era feito por meio de fontes limpas captadas nas encostas e trazidas às comunidades pela ação da gravidade, portanto sem custo de energia, e sem muita preocupação com o destino dado aos efluentes. A explosão populacional das cidades junto às exigências de conforto, desenvolvimento tecnológico e higiene do mundo moderno, passou a exigir sistemas cada vez maiores e mais complexos. Hoje, em atos simples e corriqueiros como lavar as mãos usando uma torneira, o homem faz uso de uma sofisticada infraestrutura de saneamento necessária para trazer este recurso da natureza até, literalmente, as suas mãos e ao mesmo tempo devolver as sobras ao meio ambiente, gerando a menor degradação possível. Para fazer tudo isso é preciso de energia cuja produção, por sua vez, tem consequências duplamente perversas para o ambiente, na medida que exaurem recursos naturais, e ao mesmo tempo agredem violentamente a natureza.

A consciência ecológica tão sabiamente buscada pelas sociedades modernas resultou na percepção, ainda que óbvia e tardia, de que os recursos naturais, particularmente a água, são exauríveis e deterioráveis. Esta consciência ecológica, junto à razões de ordem econômicas, deu origem a uma variedade de ações tomadas pelas companhias de abastecimento de água visando basicamente economizar energia, reduzir perdas de água e poluir menos.

Naturalmente, para a implementação dessas ações faz-se necessário a capacitação técnica das pessoas envolvidas, além do desenvolvimento de novas tecnologias e otimização das já existentes. Neste caminho, está em fase de implantação na Universidade Federal da Paraíba - Brasil, o Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento - LENHS Nordeste. Neste trabalho pretende-se apresentar os seus objetivos e as ações desenvolvidas para isto.

PERDAS E EFICIENCIA ENERGÉTICA E HIDRÁULICA

A ligação entre água e energia em saneamento existe pelo papel que esta última exerce no transporte de água para o consumidor final, assim como o seu papel na desinfecção da água potável e no tratamento do esgoto. O uso do binômio “água e energia” é muito conveniente para evitar a dissociação entre estes recursos, exercida muitas vezes pelos especialistas da área. Assim, as tentativas de tornar os sistemas de distribuição de água e esgoto mais eficientes, devem começar pela redução de perdas, tanto de água como de energia.

O problema das perdas de água potável se agrava ao longo do tempo, resultante do envelhecimento das instalações, das expansões desordenadas dos sistemas urbanos de abastecimento, da ausência de sistemas adequados de medição e de problemas de gestão operacional. As perdas reais de água proporcionam inúmeros prejuízos ao sistema de abastecimento: desperdício de elementos químicos, de energia elétrica, de mão-de-obra, além de afetar a disponibilidade hídrica dos mananciais. Os custos de produção da água são ainda acrescidos das perdas aparentes, correspondentes às vazões consumidas e que não faturadas, por problemas de gestão operacional e fraudes.

Com relação às perdas de energia deve-se lembrar que o saneamento é basicamente movido a energia elétrica. A energia elétrica é necessária para tornar a água potável e movê-la através das redes. Cada litro de água que se move ao longo do sistema representa diretamente um determinado custo de energia. Nas empresas concessionárias de abastecimento de água, a energia elétrica, geralmente, é o segundo item das despesas, ficando atrás apenas dos gastos

com mão-de-obra. A constante redução de subsídios governamentais no setor tem aumentado as tarifas, agravando a situação.

As atividades implementadas para economizar água e energia podem ter um maior impacto se planejadas de forma conjunta. Por exemplo, um programa de redução de vazamentos irá economizar água e reduzir as perdas de carga, levando à economia de energia a partir da reduzida da demanda do bombeamento. Se as duas ações são coordenadas, o programa será acompanhado da instalação de novas bombas (menores), mais eficientes para a nova situação.

Para reduzir as perdas de energia, além de reduzir as perdas de água, faz-se necessário a implantação de ações que visem a eficiência energética, mecânica e elétrica, dos sistemas, bem como a otimização de suas operações.

Neste sentido, MARTINS (1999), mostra que ampliações dos sistemas de produção de energia elétrica podem ser adiadas ou mesmo evitadas através de ações de eficiência energética. Destaca três aspectos: o prazo de maturação da construção/implantação de uma usina (hidrelétrica, térmica ou nuclear) é superior ao prazo de execução de ações de eficiência energética; geralmente, o custo marginal de expansão do sistema elétrico é superior ao custo da grande maioria das ações de eficiência energética; e há que se considerar o avanço tecnológico que tem proporcionado a penetração de equipamentos elétricos mais eficientes bem como a otimização dos processos produtivos.

PATTERSON (1996) chama a atenção para a falta de definição precisa do termo eficiência energética, por parte dos especialistas que muitas vezes chegam a confundi-lo com conservação de energia. Conservação significa basicamente usar menos energia, podendo ser representado por um simples desligar de um equipamento (GUNN, 1997). De forma bastante ampla e genérica, a eficiência energética refere-se à possibilidade de utilizar uma quantidade menor de energia para produzir a mesma quantidade de serviços ou produção.

O saneamento é obviamente um grande consumidor de energia. ALLIANCE (2002) afirma que entre dois e três por cento do consumo de energia do mundo é usada no bombeamento e tratamento de água para residências e indústrias. Os gastos da energia de bombeamento, na grande maioria das vezes, chegam a ultrapassar, ao longo da vida útil dos projetos, os custos de investimento das instalações. CLINGENPEEL (1983) afirma que, geralmente, mais de 50% das despesas das empresas de saneamento são com energia elétrica.

No Brasil, o setor de saneamento básico, que engloba os serviços de água e esgoto, detém cerca de 2,3% do consumo global de energia elétrica, segundo a informação disponibilizada pela ELETROBRÁS em 1998. Os gastos com energia elétrica nas empresas de saneamento constituem o segundo item no orçamento das despesas de exploração, sendo que nos sistemas de distribuição de água, segundo REHEIS E GRIFFIN (1984), ORMSBEE e WALSKI (1989), TSUTIYA (2004), a energia consumida pelas elevatórias representa cerca de 90% do custo total de energia elétrica consumida pelo sistema. Mantidas a proporção de 2,3%, isto significa um consumo aproximado de 7,86 bilhões de kWh no ano de 2003, já que o consumo total de energia elétrica foi de 341,9 TWh (BRASIL, 2004).

É imperativa a necessidade de redução da energia consumida no setor de saneamento brasileiro, devido à limitação, em médio prazo, do aumento da disponibilidade energética. A crise no fornecimento de energia elétrica de 2001 impulsionou a criação de políticas de conservação e uso racional de energia elétrica, refletindo também nos equipamentos utilizados no setor de saneamento. O combate ao desperdício de energia funciona como uma fonte virtual de produção de energia elétrica. Isto quer dizer que a energia não desperdiçada por um

consumidor pode ser utilizada por outro, tornando uma fonte de produção mais econômica e mais limpa que existe.

Segundo ALLIANCE (2002), o consumo de energia na maioria dos sistemas de água em todo o mundo poderia ser reduzido em pelo menos 25% por meio de ações de efficientização. As companhias de água em todo o mundo têm o potencial para, com um custo efetivo, economizar mais energia do que a utilizada anualmente em toda a Tailândia.

Para o aumento da eficiência energética dos sistemas de bombeamento, podemos destacar algumas ações operacionais:

a) Ajuste dos equipamentos.

Correção do fator de potência;

Alteração da tensão de alimentação; e

Redução das perdas de energia dos motores:

- o correto dimensionamento do motor;
- seleção do motor mais adequado à potência mecânica exigida;
- uso de motores de alto rendimento; e
- uso de inversores para motores com regime de carga variável, dentre outros.

b) Diminuição da potência dos equipamentos.

Melhoria no rendimento do conjunto motor-bomba;

Redução das perdas de carga nas tubulações;

Melhoria do fator de carga nas instalações;

Uso racional da água; e

Redução do índice de perdas de água:

c) Controle operacional.

Alteração no sistema de bombeamento-reservação (através de estudos da capacidade de reserva e do consumo de água ao longo do dia):

- alteração do funcionamento durante o horário de ponta;
- troca do rotor da bomba (aumento de vazão e melhoria no rendimento).

Utilização do inversor de frequência;

Alteração nos procedimentos operacionais das Estações de Tratamento.

d) Automação dos sistemas.

No Brasil, a eficiência energética passou a ser tratada com a devida atenção em 1985, com a criação, por parte do governo federal, do Programa Nacional de Energia Elétrica - PROCEL. Coordenado pelo Ministério de Minas e Energia e implementado pela Eletrobrás. O seu objetivo principal era, e continua sendo, contribuir com a redução do consumo e da demanda de energia elétrica no país. O programa atingiu maturidade, e hoje é considerado uma usina virtual de produção de energia que ajuda o país a economizar preciosos recursos financeiros e naturais.

No ano seguinte inicia-se ações pontuais do PROCEL no saneamento, mas é em 2003/2004 que o chamado PROCEL SANEAR passa efetivamente a atuar junto aos agentes do setor de saneamento, depois do protocolo firmado entre a ELETROBRAS e a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Desta nova fase, destaca-se o programa de capacitação de profissionais do setor de saneamento, promovido em parceria com a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES.

Dando continuidade às ações do PROCEL, em 2004, inicia-se a implementação dos Laboratórios de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento – LENHS's. A iniciativa pretende dotar cada uma das cinco regiões do país com um laboratório destinado a atividades de ensino, pesquisa e extensão, incluindo bolsas de estudo que incentivem a elaboração de trabalhos de iniciação científica, dissertações e teses relacionadas ao uso eficiente de energia e água no saneamento, de forma a tornar os LENHS's centros de referência regionais de atividades destinadas à eficiência energética e hidráulica em saneamento. Além disso, estes centros disporão dos recursos humanos e materiais necessários para realizar diagnósticos de sistemas *in loco*, indicando as medidas necessárias à melhoria de suas eficiência bem como promover o treinamento dos envolvidos. Dentro de cada região procurou-se identificar a universidade federal com maior vocação e infraestrutura do setor para implementação do laboratório, cabendo à Universidade Federal da Paraíba - UFPB abrigar o LENHS da região nordeste.

LENHS NORDESTE

O LENHS Nordeste, será estruturado de forma a permitir o apoio a ações de campo em conjunto com empresas de saneamento básico, visando os seguintes benefícios:

- As ações desencadearão um efeito multiplicador por meio dos cursos de graduação, pós-graduação e de treinamento de pessoal da UFPB.
- Combater o desperdício e estimular o uso eficiente da energia elétrica e água, em especial no que se refere à capacitação de profissionais e à consolidação do conceito de eficiência energética.
- Promoção da cultura de eficiência energética junto ao setor de água e saneamento, do estado da Paraíba e região Nordeste do Brasil.
- Realinhamento e/ou postergação dos investimentos necessários à expansão do sistema elétrico brasileiro.
- A adoção efetiva de medidas de economia que se destinem à energia e água, que resultará na redução de custos com estes insumos para a sociedade, liberando blocos de energia para atendimento de outros clientes potenciais da sociedade.

As ações previstas para a implementação do LENHS/UFPB consistem basicamente em:

- A UFPB disponibilizará infra-estrutura física e de recursos humanos para o LENHS, incluindo o local e as instalações necessárias ao seu funcionamento (ver Fig. 1);
- Aquisição de equipamentos para o laboratório e de campo;
- Treinamento do pessoal de apoio ao LENHS;

Depois de implantado caberá ao LENHS:

- Realização estudos para comprovar a eficiência energética de equipamentos elétricos e hidráulicos aplicáveis em sistema de saneamento, incluindo a inserção de novas tecnologias;
- Prestação de serviços à comunidade diagnosticando in loco a eficiência energética e hidráulica de sistemas e propondo soluções para as suas melhorias;
- Treinamento de pessoal envolvido no projeto e operação de sistemas de abastecimento, utilizando para isso as instalações didáticas do laboratório;
- Orientação de trabalhos de iniciação científica, monografias de conclusão de cursos, dissertações de mestrado e teses de doutorado voltadas para o uso eficiente de energia e água, bem como a realização de diagnósticos energéticos em instalações de saneamento;
- Apoiar as pesquisas destinadas ao incremento da eficiência energética no saneamento, bem como o desenvolvimento de tecnologias referentes ao uso eficiente de água e energia;
- Utilizar o LENHS em disciplinas de graduação, pós-graduação e cursos de extensão;
- Desenvolver atividades voltadas para o uso eficiente de energia elétrica e água nas instalações da própria instituição de ensino; e
- Divulgar os resultados obtidos com a capacitação laboratorial em eventos nacionais e internacionais.

LOCALIZAÇÃO E INSTALAÇÕES

O LENHS Nordeste, será implantado na Universidade Federal da Paraíba, localizada na cidade João Pessoa, estado da Paraíba – Brasil. A UFPB oferta em seu Centro de Tecnologia - CT, cursos de graduação em Engenharia Civil, Mecânica, de Alimentos e de Produção, além de Arquitetura e Química Industrial. Na Pós-Graduação possui cursos de Mestrado em Engenharia Urbana, Mecânica, Alimentos e Produção e de Doutorado em várias áreas em Engenharia Mecânica. Apoiarão o LENS os Laboratórios de Saneamento, de Recursos Hídricos e Meio Ambiente, Acionamentos e Controles Elétricos, Máquinas Elétricas e principalmente o de Mecânica dos Fluidos e Hidráulica - LH.

O Laboratório de Hidráulica (ver Fig. 1 e Fig. 2) existe desde 1975 e será ampliado para compartilhar sua área com o LENHS. Atualmente o LH é utilizado nos cursos de engenharia do Centro de Tecnologia, operando as seguintes experiências didáticas:

- Determinação de viscosidade
- Força de impacto de jatos em superfícies defletoras
- Aferição de Medição deprimogêneos de vazão
- Determinação do perfil de velocidades e vazão em tubos usando tubo de Pitot
- Atrito em tubos lisos
- Determinação em túnel de vento (Fig. 3) da distribuição de pressão e coeficiente de arrasto em um cilindro
- Perdas de carga em singularidades
- Esvaziamento de Reservatórios sob várias condições de saída

- Orifícios e bocais
- Determinação do perfil de velocidades e vazão em canais usando micromolínete
- Levantamento de curvas características de bomba centrífuga
- Associação de bombas em série e em paralelo

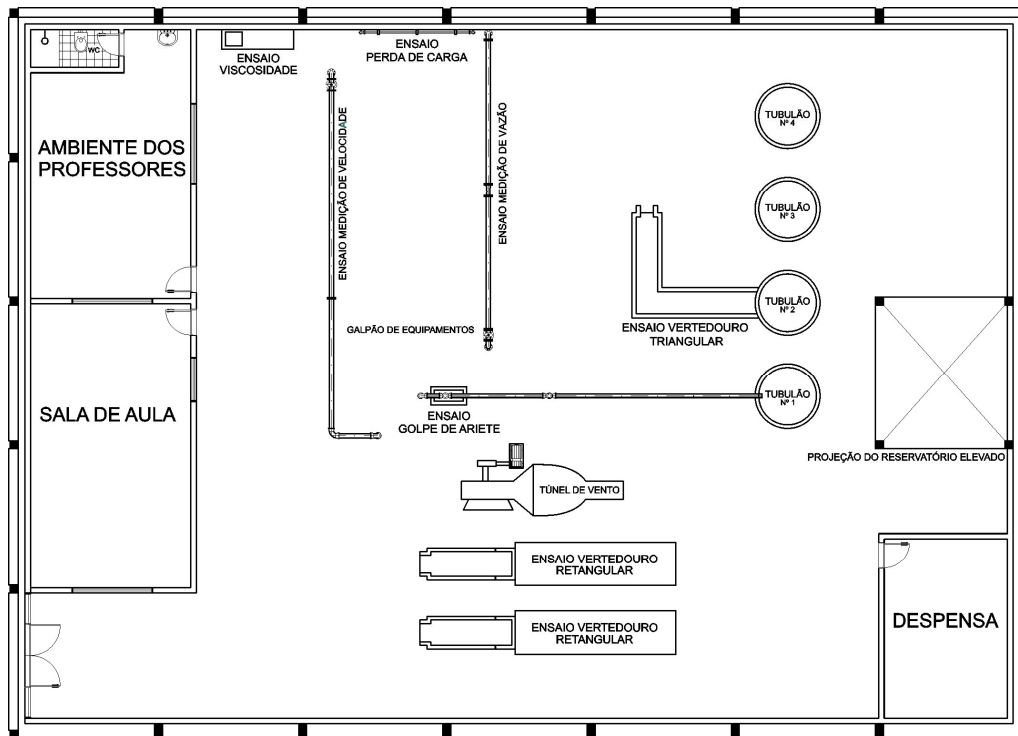


Figura 1 - Planta baixa do Laboratório de Hidráulica



Figura 2 - Foto do Laboratório de Hidráulica

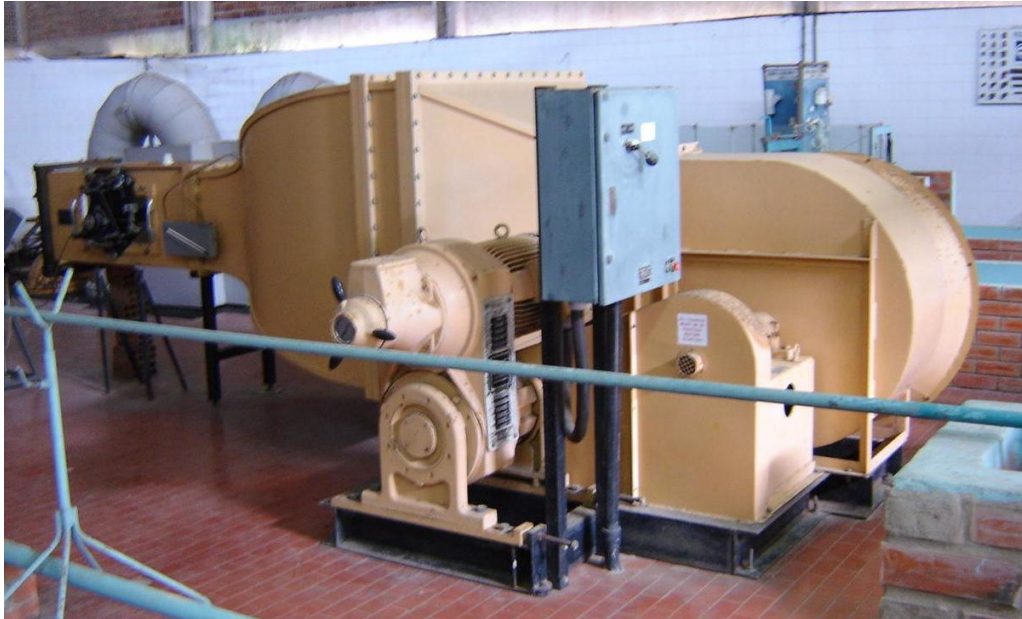


Figura 3 - Foto do túnel de vento do Laboratório de Hidráulica

Além dos experimentos acima citados, o LH possui uma infraestrutura hidráulica composta de dois reservatórios sendo o inferior com capacidade de 30 m^3 e o superior com elevação de 5 metros e volume de 18 m^3 (Fig. 4). Ligando os reservatórios existem três bombas em paralelo duas iguais ($162 \text{ m}^3/\text{h}$ e 15 CV) e um maior com ($360 \text{ m}^3/\text{h}$ e 40 CV) disponibilizando uma vazão total de até $0,19 \text{ m}^3/\text{s}$. Esta instalação de bombeamento (Fig. 5) será refeita a fim de utilizar recursos modernos de acionamento e controle através inversores de frequência e de instrumentação com a medição permanente de todas as grandezas elétricas, mecânicas e hidráulicas necessárias à determinação da eficiência energética e hidráulica do sistema. Espera-se assim dispor de uma instalação de bombeamento de referência a ser usada tanto no treinamento de pessoal como no desenvolvimento de pesquisas.



Figura 4 - Foto do reservatório elevado do Laboratório de Hidráulica



Figura 5 - Foto atual do bombeamento do Laboratório de Hidráulica

Estão previstos ainda a construção ou ampliação de bancadas didáticas mostrando e quantificando fenômenos relacionados à eficiência, como perda de carga, operação de redes, curvas características de bombas e medições de grandezas hidráulicas, mecânicas e elétricas. Boa parte dos equipamentos de medição e diagnóstico serão portáteis de forma a realizar serviços especializados em qualquer ponto da região do nordeste do país. As instalações do Laboratório de Hidráulica serão ampliadas para criar toda infraestrutura destinada ao LENHS. Constará de salas de professores e estagiários, almoxarifados, banheiro, e sala de aula, conforme mostrado na Fig. 6.

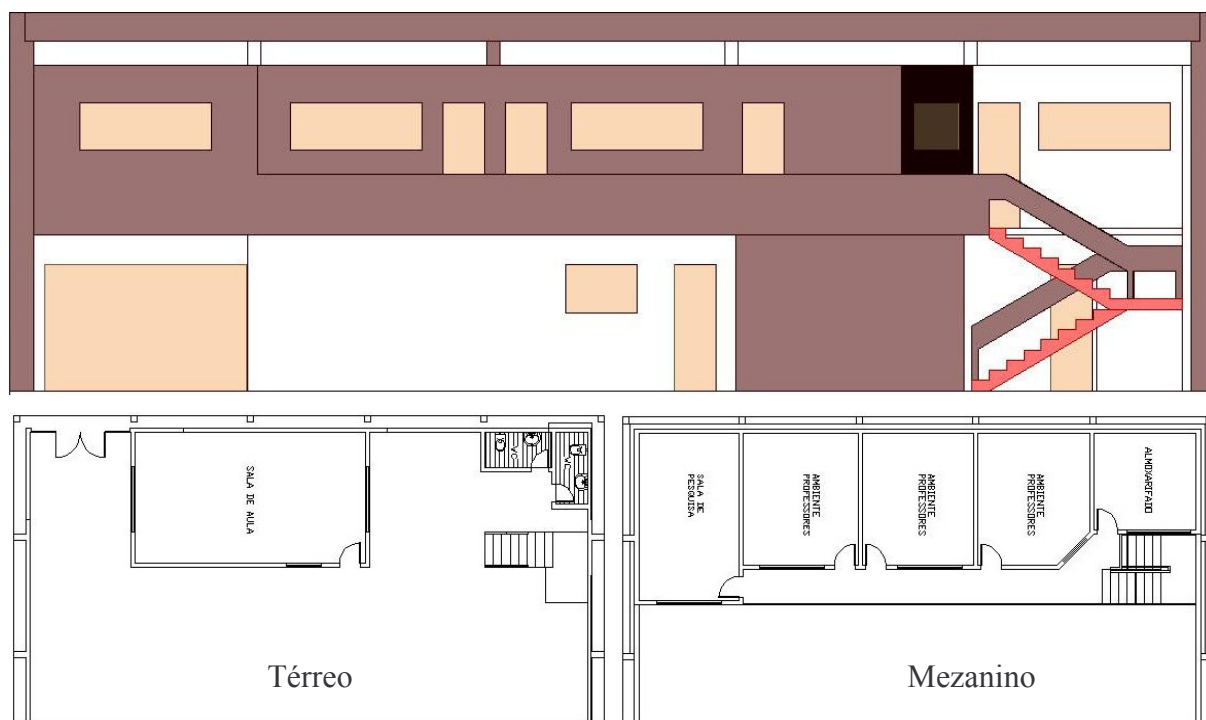


Figura 6 - Parte do Laboratório do LENHS, referente ao ambiente dos pesquisadores, após a reforma e automatização do Laboratório de Hidráulica

EQUIPAMENTOS

A seguir é mostrada uma listagem resumida dos equipamentos de medição e diagnóstico a serem adquiridos numa primeira fase.

Máquinas e equipamentos:

- Bombas centrífugas
- Inversores de frequência
- Quadros elétricos de comando
- Computadores de mesa para controles da instalação de bombeamento e tarefas gerais
- Computadores portáteis para uso externo

Instrumentos de medição:

Vazão:

- Medidores de vazão magnéticos e ultrasônicos
- Tubos de Pitot incluindo acessórios de pitometria

Pressão, Temperatura e Nível:

- Conjuntos Sensores de pressão piezoelétricos em várias escalas
- Manômetros de tubo U
- Manômetros diferenciais
- Manômetros e vacuômetros mecânicos
- Balanças de aferição de manômetros de peso morto
- Balanças de aferição de vacuômetros de peso morto
- Calibrador portátil de medidores de pressão com certificado rastreável
- Sensores de temperatura de platina (PT100)
- Sensores de temperatura tipo termopar
- Medidores de temperatura de contato
- Termômetros portátil por infravermelho
- Medidores de nível fixos e portáteis

Elétricas

- Analisadores de energia portáteis
- Osciloscópios
- Multímetros
- Terrômetros

- Medidores LCR
- Megômetros
- Geradores de função
- Fontes

Mecânicas/dimensional

- Torquímetro
- Medidor portátil de vibração
- Tacômetro de contato
- Paquímetros e trenas convencionais e a laser
- Níveis

Diversos:

- Data loggers
- Sistema de Posicionamento global topográfico
- Geofones e hastes de escuta e de perfuração
- Localizadores de tubulações subterrâneas
- Câmera fotográfica digital
- Rádios transceptores
- Ferramentas

RECURSOS

Caberá à UFPB fornecer as instalações físicas bem como arcar com as despesas de custeio e de infra-estrutura necessárias à implantação e manutenção do LENHS. Para isto contará com recursos orçamentários próprios. Os recursos financeiros para aquisição de equipamentos são provenientes do programa PROCEL SANEAR/ELETROBRAS e já estão disponíveis. A distribuição de aplicação dos recursos financeiro é mostrado no Tabela 1 a Fig. 7.

Tabela 1 - Descrição dos recursos financeiros disponibilizados pela ELETROBRÁS

DESCRIÇÃO DAS DESPESAS	ORIGEM - ELETROBRÁS (R\$)
Materiais e equipamentos	533.263,87
Serviços de pessoa jurídica	198.336,13
Recursos humanos / bolsas	68.400,00
TOTAL	800.000,00

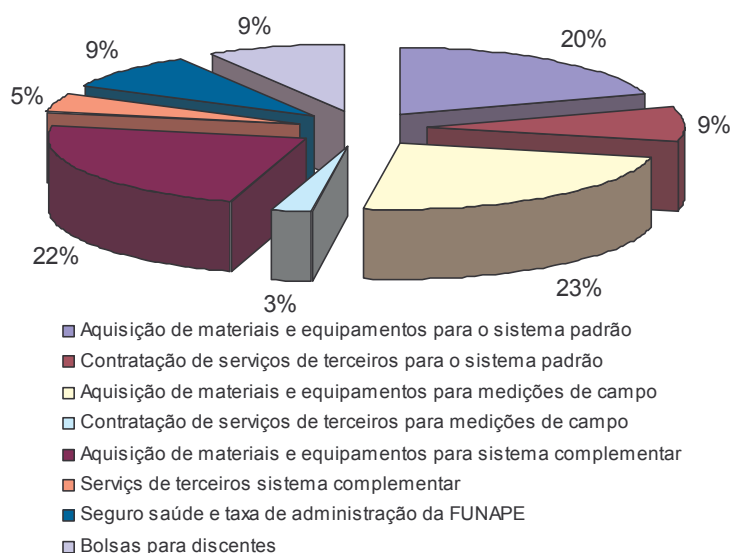


Figura 7 - Distribuição dos recursos financeiros disponibilizados pela ELETROBRÁS

CONCLUSÃO

Quer por razões ecológicas ou econômicas, a busca de melhores índices de eficiência energética, particularmente no setor de saneamento, deve ser uma atitude incessante e permanente.

O governo brasileiro tem se mostrado bastante sensível ao problema criando, ainda na última década, programas abrangentes, destacando-se o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL.

Desenvolvido pela Eletrobrás. Este projeto gerou ramificações em vários setores, como o PROCEL SANEAR, dedicado à área de saneamento. O amadurecimento e abrangência deste subprograma mostraram a necessidade da criação de uma infra-estrutura laboratorial no país, envolvendo a inserção da conservação de energia elétrica e água, de forma integrada, fundamental para a formação de profissionais do setor e desenvolvimento de tecnologia. A criação dos LENHS's, objeto deste trabalho, capacitará universidades brasileiras, estrategicamente escolhidas, para criar centros de excelência no setor que sirvam para o desenvolvimento de tecnologias e estudos, bem como para treinamento de pessoal. Com a sua criação, espera-se que as empresas de serviços de abastecimento de água e esgoto do país venham a contar com um suporte permanente e competente em termos tecnológicos, e que sirva de suporte à capacitação de recursos humanos, principalmente da área operacional, a fim de mantê-las atualizadas, competitivas e acima de tudo consumidoras eficientes de energia.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro concedido pelo programa PROCEL SANEAR da ELETROBRÁS para implementação do LENHS Nordeste.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLIANCE - Aliança para Conservação de Energia. *Água e energia: Aproveitando as oportunidades de eficiência de água e energia não exploradas nos sistemas de água municipais*. PROCEL/ELETRORBRAS. Rio de Janeiro, 2002.
- BRASIL, MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. *Balanço Energético Nacional*, 2004.
- CLINGENPEEL, W. H. Optimizing pump operating cost. *Journal of American Water Works Association*, v.75, n.10, p.502-509, 1983.
- GUNN, C. Energy efficiency vs. economic efficiency? New Zealand electricity sector reform in the context of the national energy policy objective. In: *Energy Policy. Elsevier Science*, v.25, n.4, 1997, p.241-254.
- MARTINS, M. P. de S. *Inovação tecnológica e eficiência energética*. 1999. 43p. Monografia (MBA em Energia Elétrica), Instituto de Economia - Universidade Federal do Rio de Janeiro. 1999. Disponível em <http://www.eletrorbras.gov.br/downloads/EM_Biblioteca/monogr.pdf>. Acesso em 22 de março de 2005.
- ORMSBEE, L.E.; WALSKI, J.M. (1989) “*Identifying efficient pump combinations*”, *Journal American Water Works Association*, 81 (1): 30-34, january, 1989.
- PATTERSON, M. G. What is energy efficiency? In: *Energy Policy. Elsevier Science*, v.24, n.5, p.377-390, 1996.
- REHEIS, H.F.; GRIFFIN, M.K. (1984) “*Energy cost reduction through operational practices*”, *Proc. of the American Water Works Association Annual Convention*, Dallas, Texas, 1984.
- TSUTYIA, M.T. (2004) “*Abastecimento de Água*”, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004. 634p.

