



**Universidade Federal de Santa Maria – UFSM  
Educação a Distância da UFSM – EAD  
Universidade Aberta do Brasil – UAB**

**Curso de Pós-Graduação em Eficiência Energética Aplicada aos  
Processos Produtivos**

**Polo: Vila Flores**

**SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO DE ENERGIA EM UMA  
EMPRESA SIDERÚRGICA**

MIRANDA, Luciano Lellis <sup>1</sup>

MARTINS, Geomar Machado <sup>2</sup>

**RESUMO**

O setor industrial brasileiro é um grande consumidor de energia, e dentro dele o setor siderúrgico, altamente energético-intensivo se destaca. Neste setor, geralmente a gestão ineficiente do uso da energia, com controles isolados e ações geralmente descoordenadas, é um problema a ser enfrentado. Neste trabalho são abordados os principais elementos de um programa de gestão de energia (técnicos, organizacionais e gerenciais), a fim de desenvolver, em uma empresa siderúrgica, estrutura e mecanismos de ação que promovam a Cultura de Eficiência Energética e Conservação de Energia, incluindo uma ferramenta de gestão. Objetiva-se com isto a tornar a gestão de energia mais efetiva e, conseqüentemente, o uso da energia mais eficiente.

**Palavras-chave:** Energia, Gestão, Sistema Integrado.

---

<sup>1</sup> Engenheiro Metalurgista, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

<sup>2</sup> Engenheiro Eletricista. Professor Orientador. Universidade de Santa Maria, Santa Maria, RS.

**ABSTRACT:**

The Brazilian industrial sector is a major consumer of energy, and within it stands out the steel sector, highly energy-intensive. In this sector, usually the inefficient management of energy use, with isolated controls and uncoordinated actions, is a problem to be faced. This paper discussed the main elements of an energy management program (technical, organizational and managerial) in order to develop, in a steel company, structure and action mechanisms to promote the Culture of Energy Efficiency and Conservation, including a management tool. The purpose is to make the energy management more effective and, consequently, promote more efficient energy use.

**Keywords:** Energy, Management, Integrated System.

**1 INTRODUÇÃO**

Usinas siderúrgicas são empresas semi ou totalmente integradas e empregam vários equipamentos em seus fluxos produtivos. Nos processos destes equipamentos são consumidas grandes quantidades de diversos insumos energéticos, tais como Carvão Vegetal, Coque, Energia Elétrica, Gás Natural, Gás Liquefeito de Petróleo, Óleo Combustível, Óleo Diesel, Nitrogênio, Oxigênio, Argônio, Hidrogênio, Gás de Alto Forno, Vapor, Ar Comprimido, Água, etc. Estes insumos são adquiridos externamente e/ou produzidos internamente, distribuídos e controlados geralmente pelas áreas de Energia ou Utilidades e Redução.

Para gerenciar os processos de recebimento, distribuição e consumo de todos estes insumos geralmente existem alguns sistemas automatizados, tais como:

- Sistemas Supervisórios – monitoração, supervisão e controle dos dispositivos de campo sob responsabilidade dos operadores dos equipamentos.
- Sistema de Execução da Manufatura (MES) – Sistema para acompanhamento da produção nos equipamentos do parque industrial.
- PIMS – Sistema de Gerenciamento de Informação de Processo/Planta – Sistema de armazenamento de dados temporais de todo ou parte do parque industrial.

Além destes sistemas, podem também ser utilizados vários controles

esporádicos ou manuais, baseados em planilhas eletrônicas (Excel), com coletas e registros de dados pontuais.

Todas estas ferramentas e controles geralmente possuem funcionalidades distintas e se encontram isoladas ou sem intercâmbio de informação entre si. O acompanhamento e controle através de Indicadores de Desempenho Energético (IDE) geralmente são limitados, e muitas vezes feitos de forma ineficiente, dificultando a identificação de oportunidades de ganho ou, com frequência, não permitindo a detecção de perdas em curto prazo. (MIRANDA et al., 2012).

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

A energia é um insumo fundamental para a atividade humana, seja para garantir suas necessidades básicas ou para promover seu conforto e desenvolvimento. Ao longo da história da humanidade o consumo de energia vem crescendo em taxas cada vez maiores. O consumo de energia pelo homem evoluiu a partir de patamares baixos, aquela proveniente apenas da alimentação na época pré-histórica, para valores tão altos quanto 1 milhão de kcal ao dia, tendo aumentado mais de 400 vezes. (MICHELS; HOFFMANN, 2013).

Quando se analisa a energia do ponto de vista de uma sociedade, como por exemplo, de um país, verifica-se a grande relação existente entre o consumo energético e o desenvolvimento econômico e social. (CAMACHO, 2009).

A energia passível de uso pela humanidade não é, entretanto, um recurso gratuito e ilimitado. De uma maneira geral os cenários atuais de oferta de energia no mundo apresentam restrições de ordem financeira e ambiental, que elevam os custos dos energéticos e tornam preocupante o descompasso entre as disponibilidades e as demandas energéticas. Neste contexto, a conservação da energia, como conceito socioeconômico, tanto no uso final como na oferta de energia, assume importância cada vez maior na atualidade e se apóia em duas ferramentas para conquistar sua meta: uso mais racional da energia através de mudança de hábitos e eficiência energética (CAMACHO, 2009, p. 16-26;

MARQUES; HADDAD; MARTINS, 2006; MARQUES; HADDAD; GUARDIA, 2007).

Toda forma de utilização da energia traz consigo um impacto ambiental associado.

Associada à utilização de fontes energéticas existe a emissão de gases causadores de efeito estufa, onde se destaca o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Diante da urgência causada pelas mudanças climáticas, a maior esperança de reduzir significativamente as emissões de carbono é o uso mais eficiente da energia. Projeções da Agência Internacional de Energia (AIE) mostram que o uso mais racional e eficiente da energia tem mais condição de reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> nos próximos 20 anos do que todas as outras opções juntas. Além disso, uma pesquisa da McKinsey demonstra que algumas tecnologias existentes poderiam economizar tanta energia que elas se pagariam por si mesmas dentro de dois anos e meio. (MIRANDA et al., 2012).

De acordo com o Balanço Energético Nacional em 2013 o setor industrial representou 33,9% do consumo de energia no país. Deste montante, mais da metade ocorre por ação dos setores energo-intensivos, representados por segmentos como cimento, metalurgia/siderurgia, química e papel/celulose (BEN, 2014). Pela sua relevância, a preocupação com o consumo energético vem se tornando uma preocupação cada maior no setor industrial, não só no Brasil, mas em todo o mundo (CAMACHO, 2009, p. 34-35).

Entre as décadas de setenta e noventa, países desenvolvidos energo-dependentes, intensificaram ações no sentido de incentivar as empresas a promover medidas de efficientização das instalações, principalmente nas empresas que tinham grande impacto no consumo energético. Estas ações foram focadas basicamente em melhorias técnicas de equipamentos e instalações e tinham a finalidade de ampliar a disponibilidade de energia mediante o uso da técnica de "auditoria energética". Ao longo da evolução deste processo de auditoria, observou-se que a efetividade destas ações era maior quando existia um maior planejamento e coordenação destas ações, permitindo a evolução das auditorias energéticas para os primeiros sistemas de gestão de energia. (CAMACHO, 2009, p. 34-35).

A CNI e ELETROBRÁS (2009) realizaram um estudo para conhecer melhor

as oportunidades de eficiência energética na indústria brasileira. Foi feito um diagnóstico com 13 setores industriais de expressivo consumo de energia. Dentre as conclusões apontadas como oportunidades relevantes de economia de energia são destaques:

- Potencial técnico total de redução de 25,7% (ou 14,6 Mtep) do consumo global de energia da indústria brasileira;
- De todo o potencial levantado, 82% (ou 11,9 Mtep) estão em combustíveis, com predominância para fornos e caldeiras;
- O potencial de economia de energia elétrica está fortemente concentrado em sistemas motrizes, respondendo por 14% (ou 2 Mtep) de todo potencial.

Neste mesmo estudo foram analisados 63 programas de eficiência energética industrial, desenvolvidos em 12 países e na União Européia, nos quais alguns pontos foram destacados:

- 94% dos programas associam ganhos de eficiência com ganhos ambientais;
- 82% possuem algum tipo de incentivo financeiro ou tributário para ações de eficiência energética;
- 62 % são programas voluntários;
- 62% promovem a substituição de equipamentos e alteração de processos industriais; e
- 54 % disponibilizam informações técnicas.

Segundo MONTEIRO e ROCHA (2009, p. 15) “na maioria das empresas, a preocupação com a gestão de energia, geralmente, é de caráter pontual e não tem continuidade, ficando delegada a escalões inferiores da organização”. Isto está em

parte relacionado ao fato do “setor energético brasileiro ter enfrentando vários desafios de ordem política, institucional e tecnológica nos últimos 35 anos” (CAMACHO, 2009, p. 24).

Embora o tratamento do controle de consumos e custos energéticos como uma questão estratégica seja um assunto relativamente ainda pouco explorado no Brasil, ele apresenta interessantes possibilidades e existe a consciência de que, cada vez mais, o tema “Gestão Energética” vem merecendo a atenção e o empenho da direção das empresas e de todos os seus níveis hierárquicos. (CAMACHO, 2009, P.16; MONTEIRO; ROCHA, 2005, p. 15).

MONTEIRO e ROCHA (2005, p. 9) afirmam que “uma empresa que deseje alcançar uma estrutura de custos racionalizada e tornar-se mais competitiva não pode admitir o desperdício ou usar a energia de forma ineficiente e irresponsável”. Eles apontam a racionalização do uso da energia como uma alternativa de baixo custo e de curto prazo de implantação, que envolve aspectos econômicos que valorizam a imagem e a visão estratégica da empresa. O mercado atualmente tende dar mais preferência a produtos de empresas que estejam comprometidas com ações de proteção ao meio ambiente. (MONTEIRO; ROCHA, 2005, p. 8).

Para MONTEIRO e ROCHA (2005, p. 15) “a implantação de um Programa de Gestão Energética (PGE) deve ser a primeira iniciativa ou ação visando à redução de custos com energia em uma empresa”. Através de um PGE é que as ações de conservação de energia se tornarão sustentáveis ao longo do tempo.

A importância da implantação do PGE deve-se ao fato de que ações isoladas, por melhores resultados que apresentem, tendem a perder o seu efeito ao longo do tempo. Um PGE deve ser estruturado de forma que os resultados de sua implementação se mantenham e as ações adotadas não percam seu efeito ao longo do tempo. O PGE visa otimizar a utilização de energia por meio de orientações, direcionamento, propostas de ações e controles sobre os recursos humanos, materiais e econômicos. Objetiva-se reduzir os índices globais e específicos da energia necessária à obtenção do mesmo resultado ou produto. (MONTEIRO; ROCHA, 2005, p. 15).

Durante vários anos, especialmente nos países desenvolvidos, empresas e

organizações têm implantado, depurado e melhorado modelos de gestão energética (CAMACHO, 2009, p. 34-37). Dessa forma, várias referências foram surgindo para orientar a gestão energética (SILVA, 2014), dentre as quais se destacam:

- ISO 50.001 (Sistema de Gestão de Energia) – Padrão mundial publicado em Jun/2011 pela International Organization for Standardization (ISO).
- EN 16001:2009 – Energy Management Systems – Padrão Europeu, desenvolvido e mantido pelo Comitê Europeu para Padronização (CEN) em Julho/2009.
- US Energy Star (Guidelines for Energy Management) – Programa voluntário da Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos Estados Unidos da America.

## **2.1 ISO 50.001 – Sistema de Gestão de Energia**

Foi publicado em junho de 2011 a ISO 50.001 - Sistema de Gestão de Energia (SGE) - Requisitos com orientações para uso, desenvolvida pela Comissão de Projetos de Gerenciamento de Energia (ISO / PC 242) da International Standardization Organization (ISO). A Norma ISO 50.001 foi desenvolvida com base em elementos comuns que podem ser encontradas em todas as normas do sistema de gestão ISO, tais como ISO 9.001 - Sistema de Gestão da Qualidade e ISO 14.001 - Sistema de Gestão Ambiental. (HKEIA, 2013, p. 6).

De acordo com a definição prevista na Norma ISO 50.001, a energia pode ser de várias formas, tais como energia elétrica, combustíveis, vapor, calor, ar comprimido e renováveis, que podem ser compradas, armazenadas, tratadas, utilizadas em um equipamento ou num processo, ou recuperada. O principal objetivo da adoção de um Sistema de Gestão de Energia (SGE) é permitir que uma organização melhore seu desempenho energético, que geralmente inclui o uso da energia, a eficiência energética e o consumo da energia, em uma abordagem sistemática. (HKEIA, 2013, p. 12).

Uma visão geral da Norma ISO 50.001 envolve Requisitos Gerais, Responsabilidade da Direção, Política Energética, Planejamento Energético,

Implementação e Operação, Verificação (Monitoração das Medições e Análises; Correção de Não-conformidade, Ações Corretivas e Preventivas, Auditoria Interna do Sistema de Gestão), e Revisão do Gerenciamento (HKEIA, 2013, p. 6).

A Responsabilidade de Direção é definida por:

- Apoio e Compromisso da Direção: a alta direção deve demonstrar seu compromisso em apoiar e melhorar continuamente a eficácia do Sistema de Gestão de Energia.
- Representantes da Direção: a alta direção deve nomear representantes da gestão para promover a conscientização e supervisionar a implementação do Sistema de Gestão de Energia.

A norma ISO 50.001 estabelece que a organização deve definir uma Política Energética declarando seu compromisso em alcançar a melhoria do desempenho energético.

O Planejamento Energético passa pela definição de:

- Requisitos legais e outros: deve-se identificar e ter acesso a disposições legais e outras exigências em relação aos seus usos de energia, consumo e eficiência à que a organização está vinculada.
- Revisão Energética, Linha de Base e Indicadores de Desempenho: a organização deve desenvolver registrar e manter uma revisão energética, bem como documentar a metodologia e os critérios utilizados para desenvolvê-la. Isso requer que a organização estabeleça uma linha de base de energia para a medição do desempenho energético. A organização deve também identificar os indicadores de desempenho energético apropriados para monitorar e medir o seu desempenho energético.
- Objetivos energéticos, metas e planos de ação: a organização deve estabelecer, implementar e manter documentados os objetivos energéticos, metas e planos de ação específicos previstos ou resultados definidos para cumprir sua política energética relacionada à melhoria do desempenho energético.

Dentro da Implementação e Operação a ISO 50.001 estabelece:

- Competência, treinamento e conscientização: a organização deve garantir que todos os funcionários e pessoas relacionadas com os usos significativos da energia são competentes.
- Comunicação: a organização deve abordar em sua comunicação interna o assunto desempenho energético e Sistema de Gestão de Energia. A organização também deve decidir se quer comunicar externamente sobre a sua política energética, SGE e o desempenho energético.
- Documentação: a organização deve estabelecer, implementar e manter informações para descrever os elementos essenciais dos Sistema de Gestão de Energia e sua interação. Todos os documentos do SGE devem ser controlados.

## 2.2 US Energy Star (Guidelines for Energy Management)

Segundo a US Energy Star (EPA, 2014), as diretrizes para o Gerenciamento de Energia seguem sete passos principais, englobando as tradicionais etapas de um ciclo PDCA, tais como:

Passo 1: Desenvolver Comprometimento.

Passo 2: Avaliar Desempenho.

Passo 3: Estabelecer Metas.

Passo 4: Criar Plano de Ação.

Passo 5: Implementar Plano de Ação.

Passo 6: Avaliar Progresso.

Passo 7: Reconhecer resultados.

Independentemente do tamanho da organização um elemento comum para o sucesso do gerenciamento da energia é o **Comprometimento**. Para **Desenvolver Comprometimento** recomenda-se: criar uma equipe dedicada para tratar o assunto “Energia” e instituir uma Política Energética.

Já a **Avaliação de Desempenho** é um processo periódico de avaliação do uso de energia para todas as principais instalações e funções na organização e estabelecimento de uma linha de base para medir os resultados futuros dos esforços de eficiência. Envolve aspectos como coleta e gerenciamento de dados, estabelecimento de linhas de base, referências para comparação de desempenho,

análise da matriz energética, avaliação técnica do desempenho operacional de sistemas e equipamentos para identificar potenciais de melhoria.

O **Estabelecimento de Metas**, realizado pelo “Diretor de Energia” em conjunto com a Equipe de Energia, envolve atividades como: determinar o escopo das metas, estimar potencial de melhoria e estabelecer as metas propriamente ditas.

O **Plano de Ação** é necessário para assegurar um processo sistemático de implementação de medidas de desempenho energético de forma a atingir o sucesso das organizações. Este deve ser regularmente atualizado, na maioria das vezes numa base anual, de modo a refletir os progressos recentes, as mudanças no desempenho e alterações de prioridades. Envolve a definição técnica das etapas e dos objetivos; determinação das funções e recursos necessários.

A **Implementação do Plano de Ação** envolve etapas como a criação de um plano de comunicação, a conscientização, a capacitação, a motivação, o acompanhamento e monitoração.

A **Avaliação do Progresso** inclui uma revisão formal tanto dos dados de uso de energia quanto das atividades realizadas como parte do plano de ação em relação a metas de desempenho estabelecidas. Envolve etapas como medição dos resultados e revisão do plano de ação.

O **Reconhecimento do Resultado** da gestão de energia é um passo fundamental para manter a motivação e o apoio para o Programa de Gestão de Energia. As principais etapas incluem: proporcionar reconhecimento interno e receber reconhecimento externo.

### 2.3 Guia Teórico de Gestão Energética

No Brasil o Governo Federal publicou em 2005 um guia técnico, “Gestão Energética – Guia Teórico”, por intermédio do PROCEL, em convênio com a Efficientia/Fupai e apoio do PNUD – Programa das Nações Unidas para Desenvolvimento. Segundo este guia:

A gestão energética de uma instalação ou de um grupo de instalações compreende as seguintes medidas:

- Conhecer as informações sobre fluxos de energia, regras, contratos e ações que afetam esses fluxos; os processos e atividades que usam energia, gerando um produto ou serviço mensurável; e as possibilidades de economia de energia.

- Acompanhar os índices de controle, como: consumo de energia (absoluto e específico), custos específicos, preços médios, valores contratados, registrados e faturados, e fatores de utilização dos equipamentos e/ou da instalação.
- Atuar no sentido de medir os itens de controle, indicar correções, propor alterações, auxiliar na contratação de melhorias, implementar ou acompanhar as melhorias, motivar os usuários da instalação a usar racionalmente a energia, divulgar ações e resultados, buscar capacitação adequada para todos e prestar esclarecimentos sobre as ações e seus resultados. (MONTEIRO; ROCHA, 2005, p. 13; MARQUES; HADDAD; GUARDIA, 2007, p. 2).

Este guia apresenta uma metodologia a ser seguida para implementação de um Programa de Gestão Energética em uma empresa. Esta metodologia inclui recomendações para a criação de uma CICE (Comissão Interna de Conservação de Energia) e descreve também outros elementos como: aspectos de comunicação, análise energética e os controles necessários.

Para o sucesso da gestão energética, é imprescindível o comprometimento da Direção das empresas e instituições.

Para demonstrar a sua importância na política administrativa interna, este programa deve ser formalmente lançado como um marco na existência da empresa. Em função disso, deverá ocorrer por meio de um documento ou evento formal.

Para a implementação do PGE, a empresa deve delegar responsabilidade ao grupo de funcionários encarregados de criá-lo e de implementá-lo. A Direção deve manter-se comprometida com o seu sucesso, devendo acompanhar suas ações e resultados, e demonstrar seu apoio.

Assim, decidida a importância estratégica do PGE, seu lançamento deverá abranger, no mínimo: sua institucionalização no organograma da empresa, suas diretrizes e os responsáveis por sua condução.

## **2.4 Elementos de um Programa de Gestão de Energia**

Os principais elementos necessários para um Programa ou Sistema de Gestão de Energia são (SCHOENEBOERN, 2013a):

- Gerenciais: comprometimento e apoio da Alta Direção, definição de política e metas, financiamentos para a implementação, avaliação da implementação, reconhecimento para a implementação.

- Técnicos: diretrizes, comissionamento, aplicação de metodologias para a revisão energética, projetos, melhores práticas.
- Organizacionais: redes de relacionamento, acompanhamentos e relatórios, comunicação, treinamento, conscientização.

SCHOENEBOERN (2013b) ainda destaca 10 pontos principais para garantir sucesso e sustentabilidade de um Programa de Gestão de Energia:

1. Trabalhe seus gestores: os gestores da empresa precisam sentir que fazem parte do Programa; deixe que os gestores recebam reconhecimentos de organizações externas; ouça nas entrelinhas.
2. Seja responsável pelos resultados de seu programa: mostre os benefícios na linguagem da empresa; faça acordos em nível de serviço entre você e a empresa; comprometa-se por escrito pelos benefícios que a empresa vai receber por seus esforços; estabeleça indicadores reais, por exemplo, R\$ por unidade de produção ou GJ por planta.
3. Você precisa de um guia de acompanhamento: estabeleça e publique a recompensa do seu programa; dê à Direção da empresa uma ferramenta para medir sua atividade; defina e acorde limites de investimento aceitáveis (por exemplo, menos de três anos de retorno); treine seu pessoal; reporte trimestralmente.
4. Obtenha um assento na mesa: participe de reuniões de estratégia da empresa; solicite convites para as Reuniões Gerenciais da planta; participe em discussões de outros departamentos: Financeiro, Compras e Engenharia.
5. Solicite feedback e esteja em foco: estabeleça Conselhos de Energia que incluem compradores, fortes apoiadores e outras partes interessadas; seja sensível às agendas regionais e nacionais; estenda a mão, não aponte o dedo.
6. Mantenha o foco no Dinheiro (lucro): a Companhia depende do lucro para sobreviver; realize avaliações que conduzam a redução dos custos operacionais; converta a energia economizada em ganhos de produção;

publique os resultados.

7. Estabeleça uma rede: compartilhe “Melhores Práticas” internas; use coordenadores regionais; inclua grupos não diretamente relacionados à energia; estabeleça "responsáveis" pelo consumo de energia.
8. Compare-se com outros programas: mostre que você está em uma Boa Empresa, realize benchmark com outras organizações; pesquise outras Operações e reporte as diferenças para o Conselho de Energia; nenhuma empresa tem o monopólio de Boas Idéias.
9. Comunique as Realizações: estabeleça a Linha de Base no início do programa; reporte os resultados anuais; mostre o impacto percentual da Energia nos Custo Operacional controlável; dê crédito às realizações.
10. Você não é uma entidade autônoma em sua organização: imagem de Cavaleiro Solitário ou Fanático afastará o apoio da Alta Direção; apóie seu próprio Departamento; fortaleça a articulação com outros departamentos não diretamente ligados à energia: Engenharia, Pesquisa, Operações, RH, Saúde e Segurança, Compras, Meio Ambiente, entre outros.

## **2.5 Síntese da Fundamentação Teórica**

Embora cada programa ou padrão tenha sua forma de abordar o assunto, todos se baseiam no modelo *Plan-Do-Check-Act* (PDCA) (SILVA, 2013). A Figura 1 apresenta uma comparação das três principais referências.

Além do alinhamento com outras normas de gestão, através principalmente do modelo PDCA, existem vários pontos comuns entre todas estas normas e guias. Adicionalmente, uma ou outra norma agrega, ou aborda de forma diferenciada um ou outro aspecto. Mas de uma forma geral todas definem a importância de ações relacionadas ao comprometimento e apoio da Alta Direção, definição de política e metas, financiamentos, processos de avaliação, mecanismos de reconhecimento, definição de diretrizes, metodologias para revisão energética, projetos, melhores práticas, redes de relacionamento, acompanhamentos e relatórios, comunicação, treinamento, conscientização.

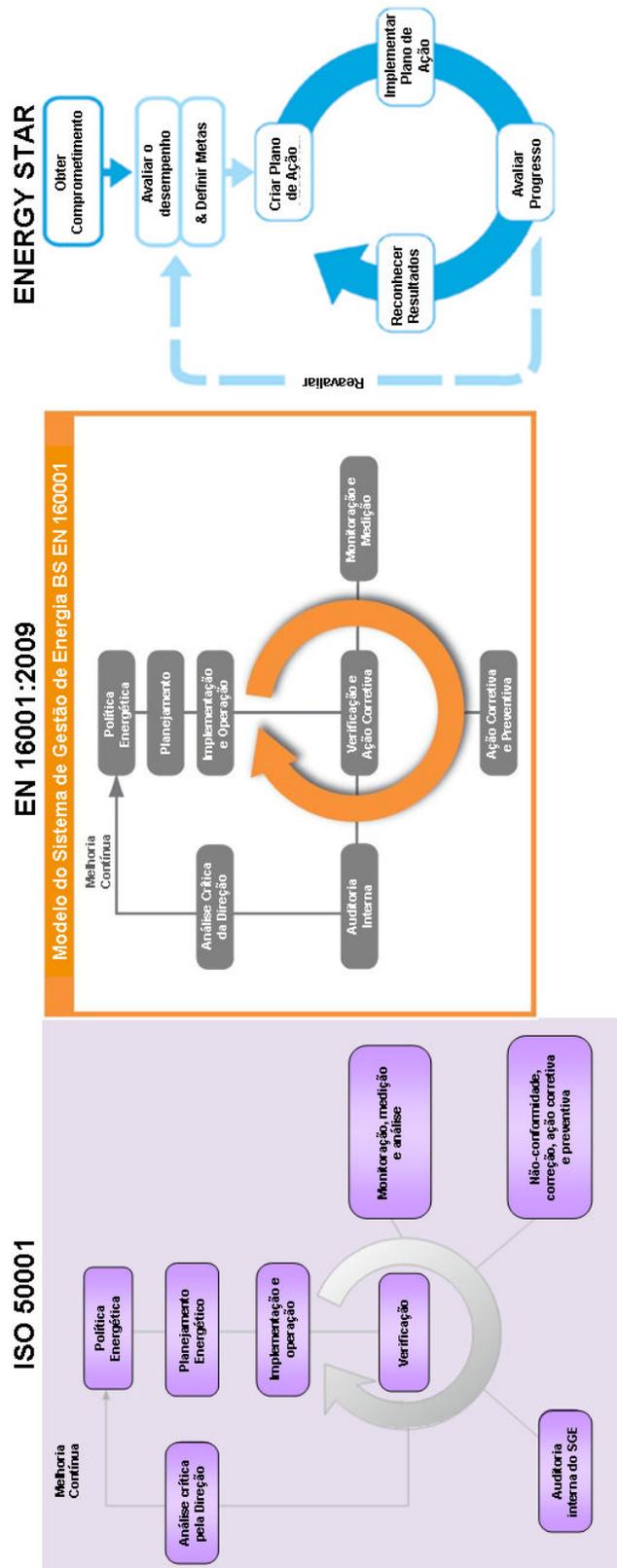


Figura 1 – Comparação das principais normas e guias para gestão energética.  
 Fonte: Adaptado de SILVA (2013).

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo geral**

Desenvolver metodologia pra implantação de estrutura e mecanismos de ação para promover a Cultura de Eficiência Energética e Conservação de Energia na empresa.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Detalhar os elementos básicos de um Programa de Gestão de Energia (aspectos gerenciais, técnicos e organizacionais).
- Apresentar uma ferramenta para gestão integrada de insumos energéticos.

### **4 METODOLOGIA**

O desenvolvimento de um Sistema Integrado de Gestão de Energia (SIGE) numa empresa envolve uma série de questões, tais como: desenvolvimento e implementação de uma política energética; estabelecimento de objetivos, metas e planos de ação que considerem requisitos legais e informações relativas ao uso significativo de energia; normas e procedimentos documentados; treinamentos e capacitações no uso da energia; rituais e ferramentas de gestão; estrutura organizacional para a gestão da energia; meios e recursos de comunicação; etc. (ABNT, 2011).

No escopo deste trabalho serão abordados apenas os aspectos principais relacionados aos elementos do sistema de gestão, como por exemplo, os aspectos organizacionais, planejamento de comunicação e acompanhamentos, projetos e ações de conscientização, planejamento de treinamentos e desenvolvimento da parte básica da ferramenta de gestão de insumos energéticos.

Ficarão para uma segunda fase do projeto atividades mais complexas, como por exemplo, o desenvolvimento de novas práticas de gestão de energia, a realização de treinamentos e a realização de revisões energéticas.

Para desenvolvimento deste sistema em uma empresa siderúrgica serão seguidos os seguintes passos:

- 1 - Elaboração de uma Proposta de Trabalho para Eficiência Energética e Gestão de Energia.
- 2 - Definição de Elementos Gerenciais:
  - 2.1 - Política e Metas de Gestão de Energia.
- 3 - Definição de Elementos Técnicos:
  - 3.1 - Diretrizes para Gestão de Energia e Eficiência Energética.
  - 3.2 - Procedimento para uso sistemático de metodologias para Revisão Energética.
  - 3.3 - Critérios de planejamento, execução e avaliação de projetos de Eficiência Energética.
  - 3.4 - Sistemática de concepção e compartilhamento de "Melhores Práticas".
- 4 - Definição de Elementos Organizacionais:
  - 4.1 - Estrutura organizacional para a gestão de energia.
  - 4.2 - Atividades de conscientização.
  - 4.3 - Plano de comunicação.
  - 4.4 - Instrumentos de acompanhamentos.
  - 4.5 - Treinamentos.
- 5 - Avaliação e adequação das fontes de informação:
  - 5.1 - Mapeamento das medições e demais informações.
  - 5.2 - Avaliação técnica dos sistemas de medição.
  - 5.3 - Definição das melhorias e da rotina de manutenção dos sistemas de medição.
- 6 - Desenvolvimento da ferramenta de gestão (software do SIGE).

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Ao longo de vários anos muito já se realizou, na empresa siderúrgica analisada, sobre os temas de gestão e conservação de energia e melhoria de eficiência energética. Durante as crises energéticas, nos anos 1999 e 2000, por exemplo, quando a energia elétrica foi racionada, já chegou a ser criada uma CICE (Comissão Interna de Conservação de Energia), de acordo com os preceitos do Decreto Governamental Brasileiro 99.656 de 26 de outubro de 1990. Neste período expressivas reduções de consumo (9%) chegaram a ser atingidas (PESSOA, 2001). Adicionalmente, nos anos seguintes diversos outros projetos ou campanhas realizaram ondas de avaliação e implantação de projetos de melhoria de eficiência energética e bons resultados também foram alcançados. Entretanto, ano após ano, são encontradas novas oportunidades de melhoria ou se depara com antigos problemas, anteriormente resolvidos, que voltam a ocorrer, gerando desperdício ou maior gasto com energia.

Tudo isto mostra a necessidade de desenvolvimento de um programa estruturado de gestão de energia, ou seja, um sistema onde os resultados das ações adotadas não percam seu efeito ao longo do tempo, e que seja sustentável e duradouro.

Neste contexto são descritos a seguir os elementos necessários para o desenvolvimento do Sistema Integrado de Gestão de Energia (SIGE) na empresa siderúrgica analisada.

### **5.1 Elaboração de uma Proposta de Trabalho para Eficiência Energética e Gestão de Energia**

O primeiro passo para a implantação de um sistema de gestão de energia na empresa foi a concepção de um projeto de Eficiência Energética, que inclui o desenvolvimento de um Sistema de Gestão de Energia como um projeto estruturante dos trabalhos. Esta proposta foi apresentada e defendida junto à Alta Direção da empresa. Após as devidas correções e contribuições o trabalho foi aprovado para implantação. O Projeto de Eficiência Energética foi então definido como um dos projetos estratégicos da empresa, a ser conduzido em uma organização matricial por uma equipe com o propósito específico de implantação do

Programa de Gestão Energética na empresa. Este programa conta com três classes de elementos: Gerenciais, Técnicos e Organizacionais.

## **5.2 Definição de Elementos Gerenciais**

### **5.2.1 Política e Metas de Gestão de Energia**

O ponto de partida para desenvolvimento das ações de qualquer sistema de gestão deve ser a definição da política, que deve também estar inserida na estratégia da empresa. As ações relacionadas à energia são balizadas pela definição de uma Política Energética. Nesta política são definidos os princípios que devem guiar as ações de gestão energética na empresa:

1. Competitividade - redução dos gastos com energia.
2. Eficiência - estabelecimento e implantação de programas eficientes de gestão energética para reduzir o consumo de energia específico dos processos. Apoio à capacidade de produção por meio de benchmarking interno de eficiência energética e a transformação das melhores práticas em padrões.
3. Tecnologia - investimentos em tecnologias energéticas inovadoras e eficientes que sejam ecológicas e economicamente viáveis.
4. Responsabilidade social - por meio de medidas de eficiência energética, aproveitando todas as fontes de energia, inclusive gases residuais, para reduzir emissões de carbono.
5. Parcerias - com fornecedores e clientes para maximizar as propriedades de eficiência energética inerentes do aço e derivados.
6. Envolvimento dos funcionários - apoio e encorajamento contínuo dos funcionários, no sentido da conservação de energia nas suas atividades profissionais e pessoais.
7. Melhoria contínua - estabelecimento e manutenção de estrutura para definir, revisar e reportar metas e objetivos corporativos em energia.
8. Apoio – identificação e uso de políticas de eficiência energética governamentais nacionais.

9. Liderança - sendo uma referência no mundo industrial em termos de abordagem em energia.

Estes compromissos terão que ser considerados e integrados em todas as ações futuras da empresa.

Outro ponto importante é o estabelecimento de metas. Exemplos de casos de sucesso de Sistemas de Gestão de Energia de Classe Mundial (SCHOENEBORN, 2013c) apontam reduções de custos energéticos da ordem de 3% a 4%. Para o projeto em questão foi estabelecida uma meta de redução de 1% no custo da matriz energética.

### **5.3 Definição de Elementos Técnicos**

#### **5.3.1 Diretrizes para Gestão de Energia e Eficiência Energética**

Existem atualmente, nas práticas padrões operacionais, documentos de mudança de equipamentos/processos, nas aquisições de novos equipamentos e outros processos da empresa, critérios e procedimentos para avaliação dos aspectos de Segurança e Meio Ambiente. Objetiva-se criar, também para a Eficiência Energética e a Gestão de Energia, critérios e procedimentos de avaliação em todos estes documentos e processos mencionados. Para isto, os assuntos serão classificados tecnicamente, conforme o uso final da energia (BEU, 2005):

- Força Motriz.
- Aquecimento Direto.
- Calor de Processo.
- Refrigeração e Ar Condicionado.
- Iluminação.
- Eletroquímica.
- Outros Usos.

Esta classificação será base para vários objetivos dentro da gestão de energia e eficiência energética. Assim, para cada uso final será definida uma lista de verificação ou questionário, com base na adequação do uso da energia e na

aplicação de tecnologias mais eficientes e custos acessíveis, para ser usado na avaliação de processos e equipamentos nos elementos citados: práticas padrões, modificação de equipamentos/processos, aquisição de novos equipamentos, projetos de melhoria, etc.

### **5.3.2 Procedimento para uso sistemático de metodologias para Revisão Energética**

A Revisão Energética é “a determinação do desempenho energético da organização com base em dados e em outras informações conduzindo a identificação de oportunidades de melhoria” (ABNT, 2011). A realização da revisão energética passa por uma comparação da situação atual de consumo energético da planta com uma linha de base (condição de referência inicial antes dos projetos de melhoria), previamente calculada.

Várias metodologias podem ser aplicadas para este objetivo, sendo que, duas bastante citadas em programas de gestão de energia já desenvolvidos são: “Kaizen” e “Assesment”.

A área de Melhoria Contínua da empresa, já detém conhecimento e experiência de várias metodologias. Portanto, foram analisadas juntamente com esta área as melhores metodologias a serem aplicadas. As abordagens visam identificar e implementar projetos de Eficiência Energética. Foram definidas três categorias:

- Primeira categoria: projetos do tipo “Ver e agir”, mais simples e rápidos de serem executados. Uma metodologia tipo “Kaizen”, como é o caso do Programa de CCQ, pode ser usada. Terá também forte caráter educacional (cultural).
- Segunda categoria: projetos que exigem uma análise técnica um pouco mais aprofundada, mas que não sejam muito complexos e nem de implantação demorada. Neste caso será usada metodologia do tipo “Assesment”, ou outra metodologia bem semelhante já existente na empresa, denominada “Custo Ideal”, onde se determinam os limites técnicos e econômicos para o custo de determinado processo ou equipamento, por exemplo.

- Terceira categoria: projetos do tipo “Melhores Práticas”. Serão identificadas, interna ou externamente as “melhores práticas” no uso da energia e estas serão aplicadas e depuradas na empresa.

### **5.3.3 Critérios de planejamento, execução e avaliação de projetos de Eficiência Energética**

Momentos principais para a concepção de projetos de melhoria de eficiência energética serão as Revisões Energéticas anuais.

Os procedimentos atualmente aplicados nas metodologias já em uso na empresa (CCQ, Custo Ideal, etc.) serão utilizados, pois estes já estão consolidados e em uso há muitos anos. O CCQ, por exemplo, já é uma metodologia bem disseminada no nível operacional.

O aprimoramento proposto neste caso é a inclusão das melhores formas de se abordar o assunto “uso e gestão de energia” dentro destas metodologias. Para isto, a diretriz principal será a classificação da energia segundo os “usos finais”, como definido no BEU (2005). Como mencionado anteriormente, para cada uso final serão definidos critérios de avaliação com base na adequação do uso e na aplicação de tecnologias mais eficientes e custos acessíveis.

A ferramenta principal para apuração dos resultados será o software de gerenciamento que será desenvolvido, conforme descrito posteriormente. Em casos mais específicos poderão ser estabelecidos procedimentos especiais, ou até a instalação temporária de medidores portáteis. Os critérios para estas medições de eficiência energética serão baseados no PIMVP – Protocolo Internacional de Medição e Verificação (FROZZA et al., 2012).

### **5.3.4 Sistemática de concepção e compartilhamento de "Melhores Práticas"**

Para identificação, disseminação e implantação das melhores práticas relacionadas ao uso da energia foram planejadas:

- Identificar, nos processos/equipamentos com uso significativo de energia, operadores e técnicos mais experientes e iniciar com eles um trabalho de revisão das principais práticas operacionais.

- Identificar, nas redes de relacionamento externas, práticas que podem ser aplicadas dentro da empresa.
- Uma vez definida uma “Melhor Prática” a Equipe de Eficiência Energética analisará a lateralidade para outros processos/equipamentos similares e iniciará, juntamente com o representante destas outras áreas, projetos para difusão da mesma.

Uma ferramenta para isto será o **Portal de Energia** na Intranet, ou outro meio na internet, como por exemplo, o recurso **Google Sites**.

## 5.4 Definição de Elementos Organizacionais

### 5.4.1 Estrutura organizacional para a gestão de energia

A energia será gerida em duas categorias: rotina e melhoria, através de uma organização matricial. Na primeira categoria, **Rotina**, as equipes serão responsáveis pelo acompanhamento e controle rotineiro do uso da energia em diferentes níveis (Figura 2). Neste caso são definidas duas classes de gestão: **Gestão Integrada** e **Gestão Descentralizada**.

Na **Gestão Integrada** ocorrerão acompanhamento e controle visualizando toda a planta, abordando as unidades produtivas tanto individualmente quanto conjuntamente, inclusive a interferência entre elas e entre os vários tipos de energia. Nesta equipe estarão envolvidos:

- **Gestores de Energia**: técnicos responsáveis pela gestão de contratos de utilidades (energia elétrica e fluidos) e informações de aquisições. Esta equipe fará análises periódicas (por exemplo, diária) dos Indicadores de Desempenho Energético de uma forma global, identificando desvios ou tendências de desvios e alertando a operação e os usuários em geral para as ações necessárias.
- **Controladores**: operadores e técnicos de apoio do Centro de Energia, responsáveis pela operação do sistema de recebimento e distribuição de energia elétrica e fluidos e pelo acompanhamento em tempo real dos Indicadores de Desempenho Energético de toda a planta. Esta equipe será

responsável pelas tomadas de decisão no dia a dia sobre a alocação dos diferentes tipos de energia para as áreas mais adequadas.

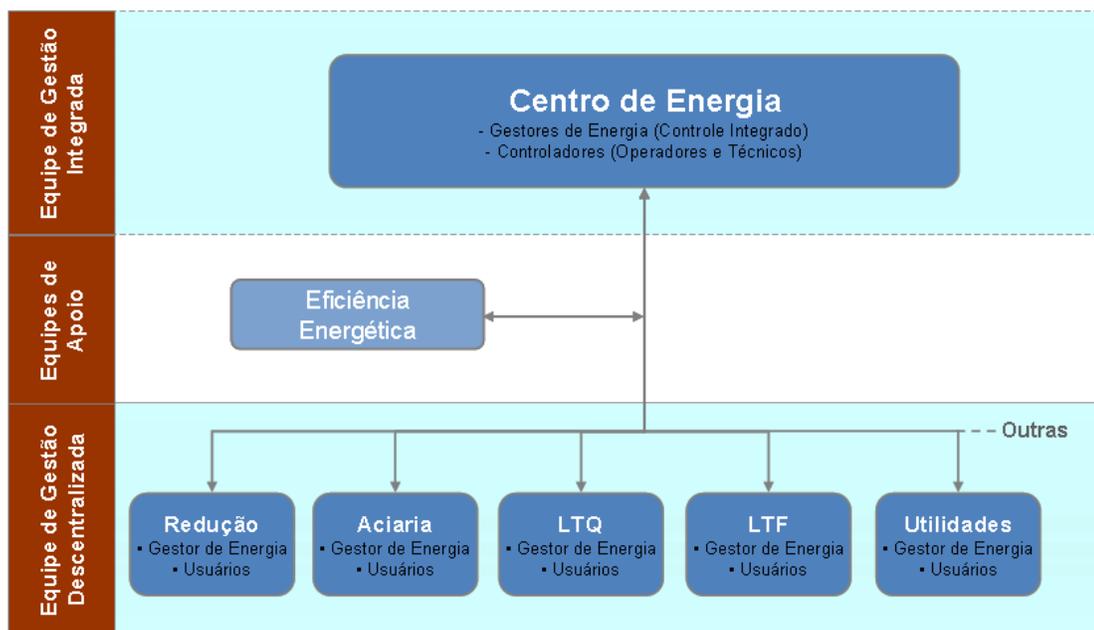


Figura 2 – Proposta de Estrutura Organizacional para a Gestão da Energia (Rotina).

Na **Gestão Descentralizada**, ou Local, acompanhamento e controle se darão em um nível local, dentro das unidades produtivas. Esta equipe engloba:

- **Gestores de Energia**: responsável oficialmente definido, com responsabilidades e metas delegadas. Será responsável tanto pela rotina quanto pelas melhorias. No âmbito da rotina, realizará periodicamente (por exemplo, diariamente) uma análise dos Indicadores de Desempenho Energético de sua área; identificará desvios ou tendências de desvios; acionará as equipes de operação/manutenção para correção de tais desvios; reportará os indicadores, problemas encontrados e ações realizadas para a gerência de sua área e para a Equipe de Gestão Integrada.
- **Usuários**: esta equipe consiste nos operadores, técnicos de processo/manutenção, entre outros, ou seja, todos aqueles que são responsáveis pela operação e manutenção dos equipamentos que utilizam os insumos energéticos. Estes acompanharão em tempo real e/ou periodicamente os Indicadores de Desempenho Energético, identificarão

desvios, tomarão as ações de correção necessárias, acionarão equipes de manutenção ou apoio para análise de problemas mais críticos, etc.

A **Equipe de Eficiência Energética** será um apoio às equipes de rotina, acompanhando de forma rotineira os Indicadores de Desempenho Energético globais para identificar tendências, desvios ou oportunidades de melhoria.

Na segunda categoria de gerenciamento, a de ***Melhoria de Eficiência Energética***, a estrutura proposta (Figura 3) envolve uma equipe fixa e uma equipe variável (acionada conforme o projeto a ser implantado).

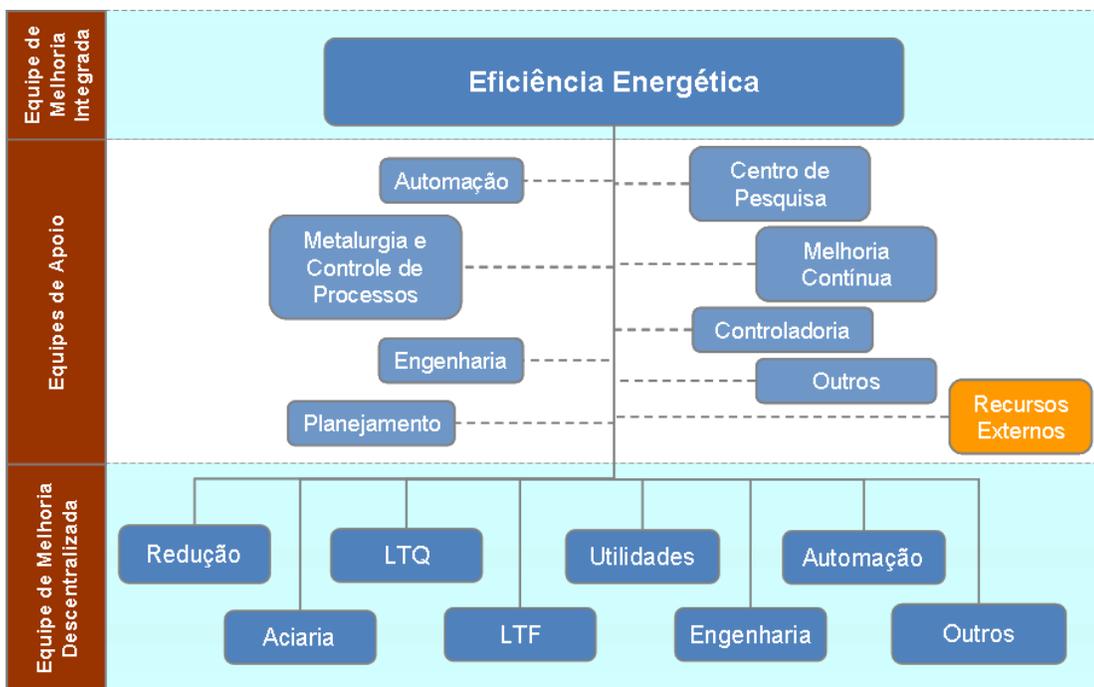


Figura 3 – Proposta de Estrutura Organizacional para Melhoria de Eficiência Energética.

A equipe fixa inclui:

- **Equipe de Eficiência Energética**: responsável, entre outras coisas, por:
  - Analisar a matriz energética da empresa e identificar oportunidades de melhoria.
  - Envolver os representantes das Áreas Estratégicas para discussão, planejamento, execução e avaliação de resultados dos projetos.

- Acompanhar e consolidar os resultados de todos os projetos de eficiência energética desenvolvidos, e explicitar o impacto na matriz de toda a empresa.
- Reportar periodicamente para as gerências e para a Diretoria as oportunidades identificadas, status de desenvolvimento e resultados dos projetos.
- **Representante das áreas estratégicas** (Unidades de Produção, Automação, Engenharia, Melhoria Contínua, etc.). O representante das Unidades de Produção (Redução, Aciaria, Laminações) será o mesmo Gestor de Energia responsável pelas atividades de rotina. Neste caso ele será responsável por coordenar/orientar os projetos de eficiência energética de sua área e reportar o andamento para a sua própria gerência e para a Equipe de Eficiência Energética.

As áreas de apoio (Automação, Metalurgia e Controle de Processos, Centro de Pesquisas, Engenharia, Planejamento da Produção, Controladoria, ou outras) serão envolvidas conforme a necessidade e de acordo com a natureza de cada projeto em desenvolvimento.

A Equipe de Eficiência Energética também identificará as necessidades de recursos externos para os assuntos relacionados à energia, como por exemplo, consultorias, apoio de instituições de ensino em pesquisas e desenvolvimentos, serviços especializados (medição, desenvolvimentos de equipamentos ou procedimentos necessários em alguns projetos, etc.).

#### **5.4.2 Atividades de conscientização**

A conscientização e mobilização de todos os envolvidos com relação ao uso da energia envolvem todo um processo de persuasão, conforme mostra a Figura 4, exigindo atividades de comunicação e treinamento.

Os trabalhos de conscientização incluem:

- Identificar equipamentos mais relevantes com relação ao uso de cada insumo energético.

- Criar uma linguagem (“moeda”) para apresentar para os usuários de energia a representatividade dos consumos. Ex.: “toneladas de bobina equivalente”, “geladeiras”, “televisores”, etc. Algo que seja de fácil assimilação por todos os envolvidos e que os ajudem a avaliar intuitivamente a representatividade do consumo energético com o qual estão envolvidos.
- Projetos de caráter educacional, tais como: eliminação de desperdício de água, desligamento de computadores e iluminação quando ociosos, eliminação de vazamentos de ar comprimido, etc.



Figura 4 – Processo de persuasão para conscientização.

Fonte: Adaptado de RIBEIRO (1989).

### 5.4.3 Plano de comunicação

O processo de comunicação é de fundamental importância para se atingir os objetivos energéticos da organização. Dessa forma foram estabelecidos os principais meios e passos a serem seguidos para difusão das idéias de eficiência energética e gestão de energia, conforme descrito a seguir:

- Primeiros passos: criação de identidade visual e de um **Portal de Energia** (site Google/ portal intranet).

- Comunicação Interna: e-mail marketing, newsletter, boletins, revista corporativa.
- Comunicação Externa: releases, sítio (website), outdoors.
- Divulgação e treinamentos sobre a Política Energética da empresa.
- Evento de conscientização da liderança: palestra de lançamento, com debate sobre o tema e divulgação de todo o sistema.
- Campanha/concurso interno sobre economia de energia, com a realização posterior de um evento de resultados.
- Envolvimento da Família/Comunidade através de concursos, cartilha, adesivos, teatros nos centros culturais ligados à empresa, entre outros.
- Relatório de sustentabilidade da empresa, onde serão relatadas as intenções e evolução dos resultados relativos ao uso da energia.

#### 5.4.4 Instrumentos de acompanhamentos

Um item importantíssimo para garantir a evolução das ações e continuidade dos resultados é a seleção e gerenciamento de diferentes Indicadores de Desempenho Energético (IDE) nos diversos níveis da organização, conforme mostram as Figuras 5 e 6.

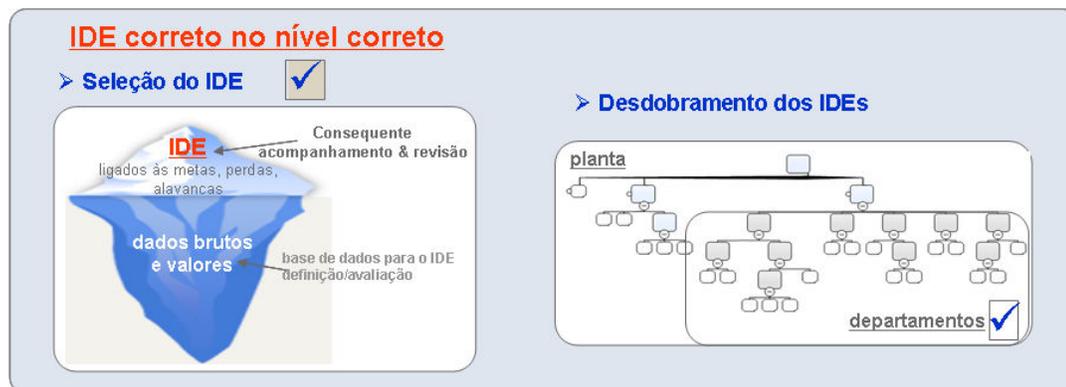


Figura 5 – Indicadores de Desempenho Energético desdobrados nos diferentes níveis organizacionais da empresa.

Fonte: Adaptado de SILVA (2014).

PETTERSON (1996, apud FROZZA et al., 2012) define quatro grupos de indicadores de desempenho energético:

- Termodinâmico: medições ou relações teóricas de processos de conversão de energia.
- Físico-termodinâmicos: indicadores híbridos onde a entrada dos processos é medida em termos termodinâmicos e a saída é medida em termos físicos (ex.: energia/ton de produto).
- Econômico-termodinâmico: a saída dos processos é medida em termos econômicos (monetários).
- Econômico: tanto numerador como o denominador são expressos em unidades monetárias.

As equipes de gestão de energia devem coordenar a seleção dos indicadores de desempenho energético da planta e a periodicidade dos relatórios de acompanhamento. A Figura 6 mostra um exemplo de definição dos acompanhamentos sobre energia.

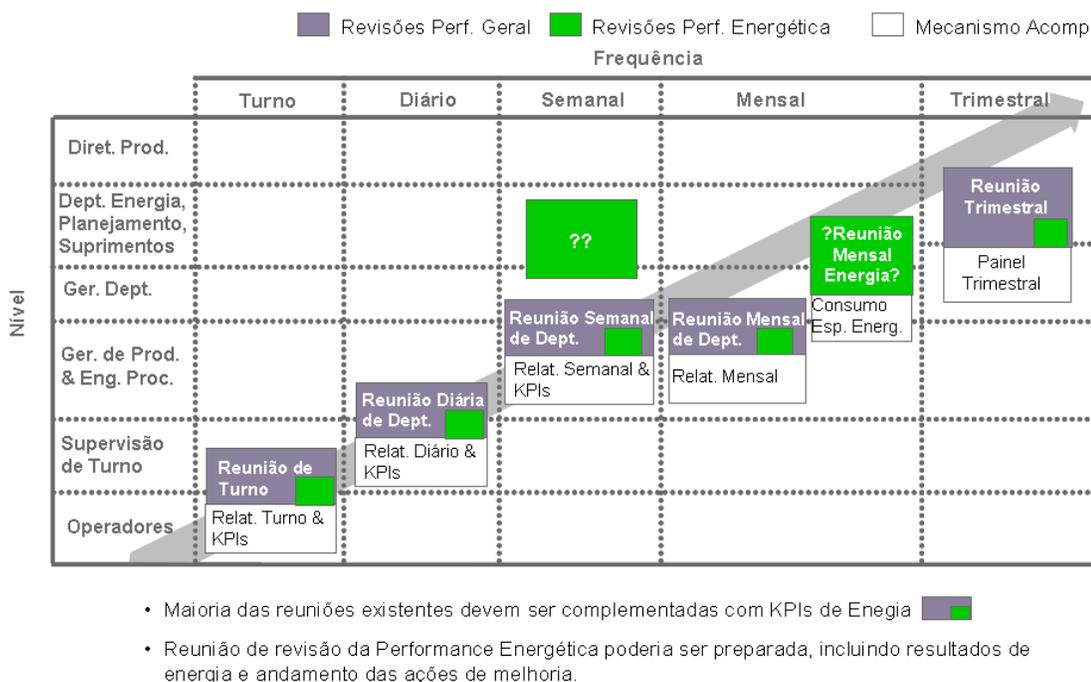


Figura 6 – Acompanhamentos da gestão energética na empresa.

Fonte: Adaptado de SILVA (2014).

Os principais acompanhamentos e relatórios de uso da energia propostos são:

- Relatórios mensais de desempenho energético a ser enviado para todas as gerências.
- Acompanhamento semanal da rotina e discussão entre gestores de energia coordenada pelo Controle Integrado.
- Acompanhamento mensal de eficiência energética coordenado pela equipe de Eficiência Energética.
- Discussão do tema Gestão de Energia em reunião mensal do Colegiado de Gerentes.

Atualmente, já existem indicadores de consumo e custos (absolutos e/ou específicos) que se enquadram nos grupos definidos por PETERSON (1996, apud FROZZA et al., 2012). Entretanto, estes são geralmente de difícil apuração, exigindo muito esforço manual e tendem a ser negligenciados por aqueles consumidores que possuem outros custos mais expressivos em seus equipamentos, como por exemplo, matérias-primas e consumíveis. Existem também rituais de acompanhamento, majoritariamente mensais ou semanais, mas que geralmente ocorrem mais a nível gerencial. Não existem muitos indicadores, por exemplo, no nível operacional, onde o consumo realmente acontece no dia a dia. Também neste nível não existem rituais claros de acompanhamento de tais indicadores.

Nesta etapa do trabalho, é prevista então a definição clara de indicadores em todos os níveis da organização, que sejam relevantes e façam sentido para os processos. Estes indicadores serão automaticamente calculados, apresentados e sumarizados em relatórios através da ferramenta de gestão (software) que será desenvolvida. Em paralelo, rituais de acompanhamento bem claros serão definidos em todos estes níveis da organização.

#### **5.4.5 Treinamentos**

Outro item de suma importância para a gestão eficiente da energia é o conhecimento e experiência de todos os envolvidos sobre o uso e a gestão de energia. Para isto são necessários treinamentos e processos de avaliação de

conhecimentos e habilidades. Segundo MONTEIRO e ROCHA (2005, p.17) “medidas de educação e de treinamento resultam, tipicamente, em redução do consumo de energia da ordem de 5% após o período de um ano, a partir do início de sua implementação, a um custo inferior a 1% do custo total de um Programa de Gestão Energética global”.

São definidas duas classes de conhecimentos e habilidades necessárias:

- Básicos: os conhecimento e habilidades básicos de Operação, Manutenção e Processos.
- Uso e gestão da energia: conhecimentos sobre como usar a energia eficientemente, nas suas várias formas de uso final, e sobre como fazer o acompanhamento e gestão.

Neste sentido a proposta é:

- Mapear, definir e planejar, juntamente com a área de Recursos Humanos da empresa, os treinamentos funcionais básicos necessários às equipes de Operação, Manutenção e Processos.
- Identificar e planejar treinamentos técnicos específicos voltados para eficiência energética nos usos finais.

## **5.5 Avaliação e adequação das fontes de informação**

Segundo o PIMVP (2010, apud FROZZA et al., 2012) “um processo de medição e verificação tem por finalidade medir a economia de energia gerada através de um programa de gestão de energia”. Assim, os resultados da gestão de energia e os benefícios dos projetos de melhoria de eficiência energética demandam um bom processo de medição e verificação, que inclui, por sua vez, a necessidade de informações relevantes e confiáveis acerca principalmente das medições. As atividades de um programa de M&V incluem, portanto, “instalação, calibração e manutenção de medidores” (PIMVP, 2010 apud FROZZA ET al., 2012).

Dessa forma, para garantir isto, o escopo do trabalho inclui:

- Mapear as medições e demais informações relevantes para gestão da energia (produções planejadas, produções realizadas, variações de processos, condições climáticas, etc.).

- Avaliar e adequar a qualidade dos sistemas de medição de energia.

### **5.5.1 Mapeamento das medições e demais informações**

Inicialmente todos os pontos de consumo devem ser conhecidos, incluindo informações sobre seus objetivos no uso da energia e as informações relevantes para acompanhamento (medições, produções, condições climáticas, índices de utilização, etc.). A Figura 7 mostra uma parte da planilha de mapeamento dos pontos de consumo e suas medições. O “uso da energia” é uma informação fundamental para os processos revisão energética, pois é o conhecimento da finalidade de uso da energia em determinado ponto de consumo que vai permitir uma análise crítica da sua necessidade de uso e patamar de consumo, bem como das alternativas de melhoria.

Uma avaliação preliminar do levantamento de pontos de medição na empresa analisada indica um número superior a 350, sendo aproximadamente metade disto relativo à energia elétrica. Os usos finais de energia incluem praticamente todas as classificações descritas no BEU (2005).

Identificação Medidor	Consumo (C) / Fornecimento (F) / Geração (G)	Insumo Energético	Área	Sub-área	Equipamento	Parte do Equipamento	Uso da Energia	Medição		
								Fonte		Unidade
								PIMS	TAG	
ACI_GN_003	C	Gás Natural	Aciairia	Aciairia 2	Aquecedores de panela	Aquecedor 1	Aquecimento de panelas para receber aço líquido	Sim	ACI_AQU1_FT114_COR	Nm³/h
ACI_GN_004	C	Gás Natural	Aciairia	Aciairia 2	Aquecedores de panela	Aquecedor 2	Aquecimento de panelas para receber aço líquido	Sim	ACI_AQU2_FT114_COR	Nm³/h
ACI_GN_005	C	Gás Natural	Aciairia	Aciairia 2	Aquecedores de panela	Aquecedor 3	Aquecimento de panelas para receber aço líquido	Sim	ACI_AQU3_FT114_COR	Nm³/h
LFS_GN_012	C	Gás Natural	LTF Elétricos	Tratamento térmico final e revestimento	Carilite - Forno Secagem	Circuito de GN estação mistura (GN+GAF)	Alimentação de GN para estação de mistura do Forno de secagem do revestimento Carilite.	Sim	LFS_CL1_FT910	Nm³/h
LFI_GN_001	C	Gás Natural	LTF Inox	Recozimento e decapagem contínuos	RB1 - Forno Recozimento	Circuito estação de mistura (GAF+GN)	Alimentação de GN para a estação de mistura. Combustível principal (gás misto) para a combustão, usado para aquecimento do forno e	Sim	LFI_RB1_VAZAO_GN_PCI_MISTURA	Nm³/h
LTO_GN_001	C	Gás Natural	LTO	Acabamento	FTT	Zona 1	Alimentação de GN para combustão na zona 1 do Forno de Tratamento Térmico (FTT). Este forno é usado para	Sim	ALO_FTT_AQUEC_VAZ_ENTR_OIL_GLP_OUEM_1_2_ZONA1_FT4303	Nm³/h
LTO_GN_005	C	Gás Natural	LTO	Fornos de reaquecimento	Forno Pusher	Circuito principal (Gás misto: GN + GAF)	Alimentação de GN para a estação de mistura. Circuito para a combustão nas zonas do forno, usado para aquecimento	Sim	LTO_FRE_FY2812B	Nm³/h
LTO_GN_009	C	Gás Natural	LTO	Fornos Reaquecimento	Forno Walking Beam 2	Circuito estação de mistura (GAF+GN)	Alimentação de GN para a estação de mistura. Circuito para combustível principal (gás misto) para a combustão, usado para aquecimento do forno e	Sim	LTO_FRN_FT3912A	Nm³/h
ACI_OXI_007	C	Oxigênio	Aciairia	Aciairia 2	AODL	Lança 1 (Sopro)	Sopro de oxigênio pela lança durante as corridas para fabricação do aço	Sim	ACI_AOD_EFT1412	Nm³/min
ACI_OXI_008	C	Oxigênio	Aciairia	Aciairia 2	AODL	Lança 2 (Sopro)	Sopro de oxigênio pela lança durante as corridas para fabricação do aço	Sim	ACI_AOD_EFT1512	Nm³/min
ACI_OXI_005	C	Oxigênio	Aciairia	Aciairia 2	V001	Lança	Sopro para descarburacão durante a corrida	Sim	ACI_VO1_CPU1_EF0_06A	Nm³/h
ACI_OXI_006	C	Oxigênio	Aciairia	Aciairia 2	V002	Lança	Sopro para descarburacão durante a corrida	Sim	ACI_VO2_VOS_WS_O2_FLW	Nm³/h
LFS_NIT_031	C	Nitrogênio	LTF Elétricos	Tratamento térmico final e revestimento	Tandems 1 e 2	Fornos Elétricos e Resfriamento	Processo metalúrgico, promover atmosfera controlada para tratamento térmico (recozimento) e descarburacão.	Sim	LFS_TD1_VAZ_N2_GERAL	Nm³/h
LFS_NIT_032	C	Nitrogênio	LTF Elétricos	Tratamento térmico final e revestimento	Tandem 1	Forno Elétrico	Processo metalúrgico, promover atmosfera controlada para recozimento e descarburacão.	Sim	LFS_TD1_VAZ_N2_UMIDO	Nm³/h
LFS_NIT_033	C	Nitrogênio	LTF Elétricos	Tratamento térmico final e revestimento	Tandem 1	Resfriamento	Processo metalúrgico, promover atmosfera controlada após recozimento e descarburacão.	Sim	LFS_TD1_VAZ_N2_SECO	Nm³/h
RED_NIT_002	C	Nitrogênio	Redução	Alto-Forno 2	Topo do forno	Capsula Paul Wurth	Refrigeração e selo da calha rotativa, topo do forno.	Sim	RED_AF2_TOPO_FT678	Nm³/h
RED_NIT_003	C	Nitrogênio	Redução	Alto-Forno 2	Topo do forno	Perifômetro	Selagem, purga e refrigeração do Perifômetro.	Sim	RED_AF2_PIR_FT640	Nm³/h

Figura 7 – Mapeamento dos pontos de consumo e medições de energia.

### **5.5.2 Avaliação técnica dos sistemas de medição**

Finalmente, para cada ponto de medição é fundamental que as informações sejam confiáveis. Para isto é previsto fazer uma avaliação completa de cada ponto de medição, envolvendo, por exemplo:

- Projeto da medição.
- Características de instalação e condições de montagem.
- Características de operação (regime de funcionamento).
- Rangeabilidade.
- Confiabilidade.
- Exatidão e precisão.
- Qualidade de transmissores.
- Compensações (temperatura, pressão, densidade, etc.).
- Processo de aquisição e armazenamento dos dados.

As medições de fluidos em geral (combustíveis, gases do ar, água, ar, etc.) incluem diversos tipos de medidores com diferentes princípios de medição. Este é um ponto muito crítico e que exige um trabalho criterioso realizado por pessoal qualificado.

### **5.5.3 Definição das melhorias e da rotina de manutenção dos sistemas de medição**

Uma vez avaliados os sistemas de medição serão identificadas as necessárias correções ou adequações dos mesmos. Dependendo do nível de problemas encontrado pode ser necessário, por exemplo, substituir um instrumento ou sistema de medição.

Uma vez corrigidos e validados todos os sistemas de medição de energia é importante garantir a continuidade de suas qualidades de medição, funcionamento e informações. Portanto serão desenvolvidas rotinas de manutenção do sistema como um todo, com as frequências de reavaliação (aferição e calibração) de cada ponto de medição, formas de avaliar continuamente seus desempenhos e os

procedimentos necessários.

## **5.6 Desenvolvimento da ferramenta de gestão (Software do SIGE)**

Dentre as ferramentas de gestão possíveis, inclusas em um sistema de gestão de energia, é previsto o desenvolvimento de um sistema informatizado (software), que seja capaz de:

- Resgatar, consolidar e disponibilizar informações de forma mais ágil e confiável, através de funcionalidades que permitam uma melhoria de qualidade na tomada de decisão.
- Auxiliar na realização da revisão energética da planta e na medição e monitoração de desempenho energético, em atividades tais como:
  - Identificação de fontes de energia atuais (medições e outros dados).
  - Avaliação dos usos e consumos de energia atuais e passados.
  - Determinação dos desempenhos energéticos atuais de instalações, equipamentos, sistemas e processos relacionados a usos significativos de energia.
  - Estimativa dos usos e consumos futuros de energia.
  - Comparação de consumos energéticos reais e esperados.
  - Avaliação da qualidade (precisão e consistência) da monitoração e medição de características-chave no uso da energia.
  - Avaliação sistemática dos desvios significativos do desempenho energético (identificação de perdas).

Todas estas funcionalidades desta ferramenta estão de acordo com as necessidades preconizadas na ISO 50.001 (ABNT, 2011). Uma das premissas para concepção e detalhamento desta ferramenta é o seu alinhamento com a norma ISO 50.001. A ferramenta cobrirá tantos elementos quanto forem possíveis de um sistema de gestão de energia.

Nesta ferramenta também serão desenvolvidas funcionalidades para realizar atividades tais como: obtenção e tratamento de dados, desenvolvimento de um

método de cálculo e estimativas aceitáveis, cálculos com dados medidos. Estas atividades são necessárias para se ter um bom programa de M&V, e conseqüentemente permitir a medição dos resultados do programa de gestão de energia (PIMVP, 2010 apud FROZZA et al., 2012).

As etapas de implantação da ferramenta envolvem:

- Negociação e contratação do serviço.
- Detalhamento das necessidades (projeto de desenvolvimento).
- Desenvolvimento, teste e implantação dos módulos do software.

A Figura 8 mostra uma idéia conceitual da ferramenta a ser desenvolvida.

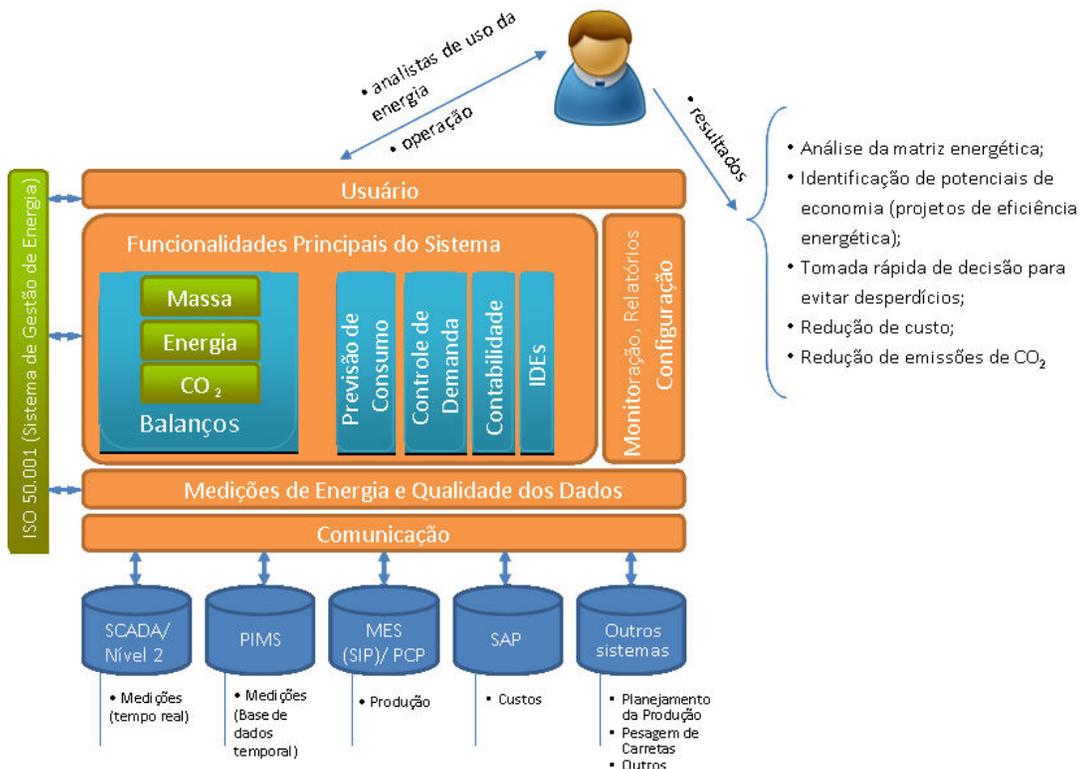


Figura 8 – Definição conceitual da ferramenta (software) de gestão de energia.

São previstos pelo menos os seguintes módulos:

- **Comunicação**: responsável por fazer a conexão com os diversos sistemas informatizados da empresa que provêm as informações necessárias (medições, produções, custos, etc.).
- **Medições de Energia e Qualidade dos Dados**: responsável por avaliar e adequar continuamente a qualidade das informações, com tarefas tais como: aquisição e tratamento dos dados (limpeza, homogeneização, normalização, etc.). Dados de boa qualidade são pré-requisitos para uma correta e eficiente análise do processo. A preparação dos dados requer dois tipos diferentes de atividade: primeiro, determinar e montar o conjunto de dados e, segundo, tratar os dados para utilização com eficiência em uma análise. A etapa de preparação ou pré-processamento dos dados envolve principalmente a limpeza dos dados, ou seja, completar valores que estão faltando, minimizar ruído, identificar ou remover pontos dispersos (outliers), resolver inconsistências, etc. (HAN; KAMBER, 2006). O software proverá diagnóstico e relatórios abordando as falhas de comunicação com as fontes de coleta e a qualidade dos dados. Na avaliação da qualidade, além de detectar dinâmica e continuamente as falhas e reportá-las para os operadores do sistema, falhas serão também tratadas com diferentes possibilidades (substituição por constante global, por medida de tendência central ou por interpolação, etc.).
- **Balanços**: são previstos pelos menos três tipos de balanços (massa, energia e emissões).
  - No ***Balanço de Massa*** são confrontadas as entradas de energia na planta e os consumos internos em todos os pontos de consumo (medidos direta ou indiretamente, estimados). Neste processo de confronto de medições em cascata na hierarquia das medições serão identificadas as diferenças, que por sua vez serão automaticamente distribuídas para todas as medições afetadas. Outro ponto importante é a identificação e alerta automático da possibilidade ou probabilidade de perdas (vazamentos, fugas, etc.) e falhas de medições.
  - No ***Balanço de Energia*** os dados do balanço massa são convertidos para energia através de fatores de conversão específicos. Uma vantagem da conversão para energia é a possibilidade de misturar e

comparar as diferentes formas de energia usadas em determinado processo.

- No **Balanco de Emissões** (CO<sub>2</sub> principalmente) os dados do balanço de massa são convertidos em emissões através de fatores de conversão específicos.

A Figura 9 mostra a relação entre o Balanço de Massa e os demais balanços previstos para o sistema.

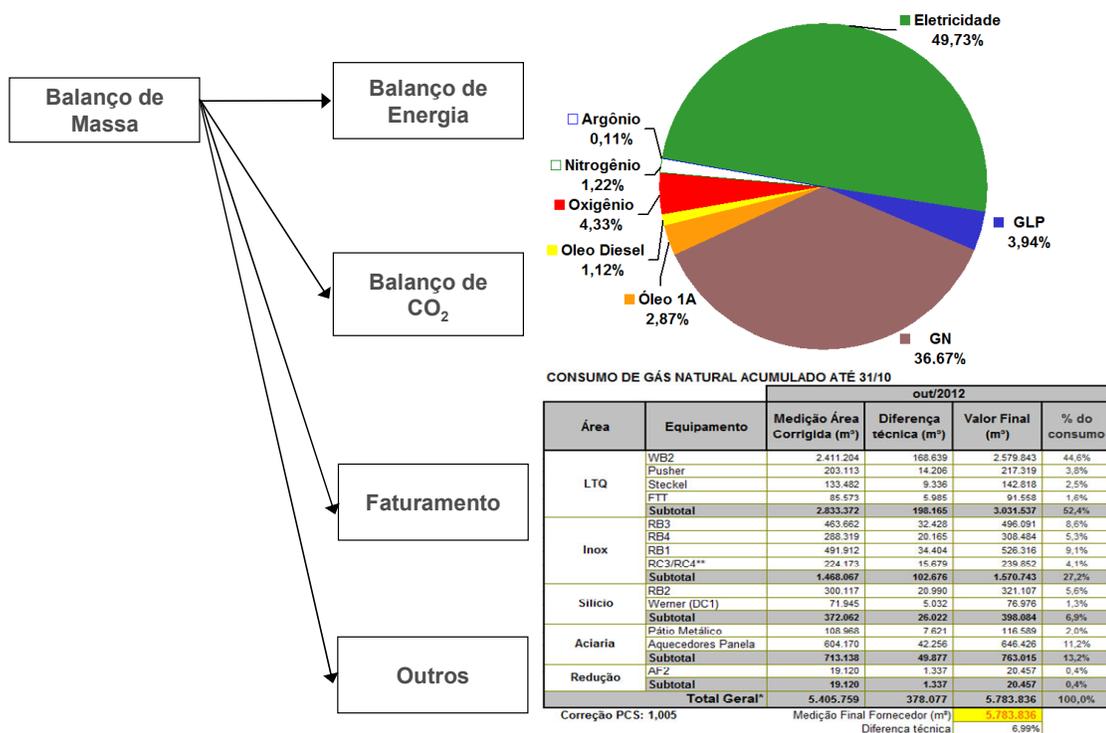


Figura 9 – Relação entre balanços de massa, energia e emissões.

- **Previsão de consumo:** com base em dados de planejamento da produção e em informações cadastradas de consumos específicos para cada consumidor serão previstos os consumos de energia em diferentes horizontes de tempo futuros (hora, turno, dia, mês, ano, etc.), conforme exemplifica a Figura 10.

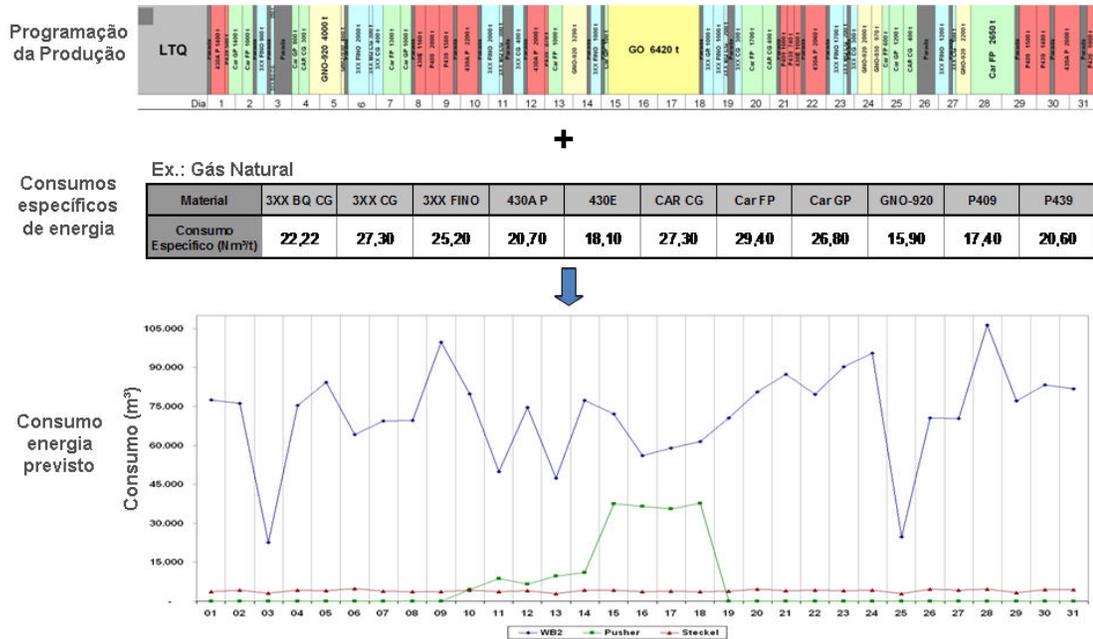


Figura 10 – Previsão de consumo de energia.

- **Controle de Demanda:** avaliação da evolução das demandas de consumo de energia, pelas previsões calculadas e consumos medidos, de forma a respeitar as condições de contratos de aquisição de energia.
- **Contabilidade:** balanços de massa específicos com fins de faturamento e atribuição de custo de energia nos processos produtivos.
- **Monitoramentos de Indicadores de Desempenho Energéticos (IDEs):** telas e relatórios de acompanhamentos padrões e/ou personalizados pelos usuários. Cada usuário de energia poderá definir as suas formas de acompanhamento personalizadas. O controle em cada nível hierárquico poderá ser também configurado e personalizado como necessário. A Figura 11 mostra um exemplo de telas de acompanhamento por parte dos usuários de energia. Até mesmo o conceito de etiquetagem pode ser aplicado na avaliação do desempenho energético de determinado equipamento.



Figura 11 – Proposta de acompanhamentos de energia pelos usuários.

## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Conforme mencionado, empresas siderúrgicas são energo-dependentes, ou seja, são altamente dependentes do consumo de energia. Além disso, estas indústrias consomem expressivas quantidades de energia, que por sua vez representam parcelas muito significativas dos custos de produção. Alia-se a isto o fato de que o contexto energético brasileiro e mundial tende a tornar os custos de energia cada vez maiores. Dessa forma, uma boa gestão do uso da energia é fundamental para a competitividade, sobrevivência e sustentabilidade destas empresas.

Para a gestão efetiva e eficaz dos insumos energéticos uma iniciativa quase inevitável e mandatória é a implantação de um Sistema Integrado de Gestão de Energia (SIGE), através do qual se possam alcançar resultados como: redução de custo com energia, incluindo ganhos de projetos de melhoria de eficiência e perdas evitadas; custeio de processos e produtos de forma mais precisa; maior precisão na avaliação de benefícios dos projetos; redução de emissões de gases de efeito estufa, entre outros. Sabe-se que ações isoladas sobre o uso da energia, por melhores resultados que apresentem, tendem a perder o seu efeito ao longo do

tempo. Portanto, um Sistema ou Programa de Gestão de Energia deve ser estruturado de forma a tornar os resultados consistentes e duradouros e no qual as ações adotadas não percam seu efeito ao longo do tempo.

Muitas referências para isto já estão disponíveis a nível mundial e nacional e os elementos que devem ser desenvolvidos já são bem conhecidos e discutidos. A ISO 50.001, Sistema de Gestão de Energia, é a mais atual e completa referência para este fim e tem sido cada vez usada no setor industrial. Um ponto de fundamental importância no contexto da gestão energética é o apoio e comprometimento da Alta Direção da empresa, que deve afirmar formalmente sua Política Energética e suas metas de gestão. Segue-se a isto o detalhamento dos vários elementos do sistema, que passam por ações de definição de estrutura organizacional para a gestão da energia, aplicação de meios e recursos de comunicação e conscientização, treinamentos e capacitações no uso da energia, rituais e ferramentas de gestão (incluindo acompanhamentos e relatórios, processos de avaliação, mecanismos de reconhecimento), financiamentos, definição de diretrizes, metodologias para revisão energética, projetos e melhores práticas.

No processo de gestão da energia é ainda importante garantir uma boa qualidade das informações relacionadas ao seu consumo, principalmente dos medidores. Um trabalho rigoroso e sistemático para avaliar e manter, por exemplo, o sistema de medição de energia é uma etapa que não pode ser negligenciada. Informações de baixa qualidade podem conduzir a decisões erradas e desperdício de tempo, esforço e dinheiro.

Outro ponto importante, abordado neste trabalho, é a disponibilização, para os usuários e gestores de energia, de ferramentas que possam diminuir as barreiras na gestão diária do uso da energia, como por exemplo, um software capaz de resgatar, consolidar e disponibilizar automaticamente informações de forma ágil e confiável, através de funcionalidades que permitam uma melhoria de qualidade na tomada de decisão.

## **7 REFERÊNCIAS**

MIRANDA, L. L.; PONTES, F. S.; PELISSON, R. B.; SOUZA, T. W.

**Desenvolvimento de um Sistema Integrado de Gestão de Energia na Aperam – Plano de Projeto.** 2012. 102 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gerenciamento de Projetos) - Instituto Doctum de Educação e Tecnologia, Timóteo, 2012.

MICHELS, A.; HOFFMANN, R. **Conceitos de sistemas energéticos:** O uso da energia e sua importância social. In: CEDEAP – Introdução à Eficiência Energética. Santa Maria: UFSM, 2013. Disponível em: <[http://nte.ufsm.br/moodle2\\_UAB/mod/page/view.php?id=36787](http://nte.ufsm.br/moodle2_UAB/mod/page/view.php?id=36787)>. Acesso em: 29 out. 2014.

CAMACHO, M. A. G. **Modelo para Implantação e Acompanhamento de Programa Corporativo de Gestão de Energia.** 2009. 176 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.

MARQUES, M. C. S.; HADDAD, J.; MARTINS, A. R. S. (Coord.). **Conservação de Energia – Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações.** 3ª Edição, Eletrobrás/PROCEL Educação, UNIFEI, Itajubá, 2006.

MARQUES, M. C. S.; HADDAD, J.; GUARDIA, E. C. **Eficiência Energética – Teoria & Prática.** 1ª Edição, Eletrobrás/PROCEL Educação, UNIFEI, Itajubá, 2007.

BEN – Balanço Energético Nacional 2014. **Relatório Síntese:** ano base 2013. EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro, RJ, Mai. 2014.

CNI; ELETROBRÁS. **Eficiência Energética na Indústria:** o que foi feito no Brasil, oportunidades de redução de custo e experiência internacional. Eletrobrás/PROCEL Indústria, Brasília, agosto 2009.

MONTEIRO, M. A. G., ROCHA, L. R. R. **Gestão Energética – Guia Teórico.** 188 p. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005.

SILVA, H. **ENERGY – Energy Management:** Interest of AM Energy Management Matrix. ArcelorMittal University: Steel Academy, August 2014.

HONG KONG ELECTRONIC INDUSTRIES ASSOCIATION (HKEIA). **Guidebook for ISO 50001:** Energy Management System. Hong Kong, Mach 2013.

EPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **ENERGY STAR:** Guidelines for Energy Management. Disponível em: <<http://www.energystar.gov/buildings/tools-and-resources/energy-star-guidelines-energy-management>>. Acesso em: 9 set. 2014.

SCHOENEBORN, F. **Creating Energy Management Program Elements.** III Workshop de Eficiência Energética da CNI/Abrace, 28 de Janeiro 2013a, São Paulo – SP – Brasil.

SCHOENEBOERN, F. **Sustaining World-Class Energy Programs**. III Workshop de Eficiência Energética da CNI/Abrace, 28 de Janeiro 2013b, São Paulo – SP – Brasil.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 50001: Requisitos com orientação para uso. Rio de Janeiro, 2011.

PESSOA, I. Q.; LAGE, L. D.; BRAGA, P. P.; SILVEIRA, R. S. **Relatório Técnico: Gerenciamento de Energia na Acesita**. 6 p. Timóteo: ACESITA, 2001.

SCHOENEBOERN, F. **World-Class Energy Management**. III Workshop de Eficiência Energética da CNI/Abrace, 28 de Janeiro 2013c, São Paulo – SP – Brasil.

BEU – Balanço de Energia Útil 2005. MME – Ministério de Minas e Energia. Brasília, DF, 2005.

RIBEIRO, J. et al. Tudo que você queria saber sobre propaganda e ninguém teve paciência de explicar. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 1989.

FROZZA, J. F., LAFAY, J. S., BALDIN, V., MARANGONI, F. **Metodologia de Implantação de um Sistema de Gestão de Energia Utilizando ABNT NBR ISO 50001**. VIII Congresso Nacional de Excelência em Gestão. 08e 09 de junho de 2012.

HAN, J; KAMBER, M. **Data Mining: Concepts and Techniques**. 2<sup>nd</sup> Edition. San Francisco: Elsevier, 2006.