

PROPOSTA DE DEFINIÇÃO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Arlide Sutil G. de Camargo
Cássia Maria Lie Ugaya
Libia Patricia Peralta Agudelo

Resumo: Este trabalho tem por objetivo apresentar e analisar os resultados da pesquisa sobre indicadores utilizados para avaliar a sustentabilidade da atividade de geração de energia. Nesse contexto entende-se por atividade sustentável aquela que é executada levando em conta a proteção ambiental, a atenção às necessidades sociais e minimização dos custos. Indicadores são instrumentos que visam simplificar, quantificar e analisar informações técnicas sobre determinada ação ou fato e são úteis para subsidiar tomadas de decisão no sentido de direcionar a atividade rumo à sustentabilidade. Como estudo de caso sobre indicadores corporativos de sustentabilidade socioeconômica e ambiental são apresentadas três empresas, uma brasileira – PETROBRAS, uma canadense – *Hydro-Québec* e uma americana, a TVA – *Tennessee Valley Authority*. Finalmente, com base nos indicadores adotados pelas empresas estudadas será apresentado um conjunto de indicadores julgados aplicáveis na medição da sustentabilidade da atividade de geração de energia elétrica.

Palavras-chave: Indicadores de Sustentabilidade, Geração de Energia, Energia hidrelétrica,

INTRODUÇÃO

A civilização ocidental de base industrial se tornou dominante em todo o mundo. Exibiu, nas últimas décadas, indicadores ascendentes, como crescimento exponencial da população, duração média de vida, consumo de energia, demanda de alimentos, invenções e descobertas e desenvolvimento de serviços de comunicação. No entanto sendo que o planeta possui recursos infinitos e limitada capacidade de suportar os subprodutos e rejeitos da transformação industrial dos recursos naturais, é preciso desenvolver estratégias para minimizar estes impactos. A

Revista EDUCAÇÃO & TECNOLOGIA

Periódico Técnico Científico dos Programas de Pós-Graduação em Tecnologia dos CEFETs-PR/MG/RJ

questão da geração energética é considerada prioritária no momento. Para o século XXI, estima-se o declínio das reservas petrolíferas, o que demandará ajustes, queda no consumo e inflexões radicais, sob pena de colapso do sistema econômico, social e político. A capacidade de encontrar substitutos para essa fonte de energia, de reduzir desperdícios e promover a conservação desse recurso estratégico será crucial para dar sobrevida à civilização pós-industrial (RIBEIRO, 2003).

Nakicenovic (2002) define energia sustentável como aquela que é obtida e utilizada de uma forma que simultaneamente atenda ao desenvolvimento humano no longo prazo nas dimensões social, econômica e ambiental. Neste contexto surge uma questão que merece atenção: como medir a sustentabilidade do processo de geração de energia?

Os problemas e desafios de sustentabilidade enfrentados na atualidade são múltiplos e complexos. Para que se possa avançar mais rapidamente e com efetividade, respondendo decisivamente e de uma forma mais eficiente à crescente demanda da sociedade, e também dos mercados externos, é importante contar-se com a melhor informação possível referente ao meio ambiente e sustentabilidade do desenvolvimento.

Um dos principais instrumentos de gestão para o desenvolvimento da sustentabilidade das atividades humanas, que de alguma forma impactam o meio ambiente são os indicadores. Os indicadores de sustentabilidade mostram as variações de valores no tempo que ocorrem numa variável pré-definida, que sinalizando aspectos do processo analisado que afetam a sustentabilidade do mesmo (QUIROGA, 2003).

2 A ENERGIA

Os físicos foram os primeiros a dar uma definição científica do conceito de energia. Esta noção foi elaborada no século XVIII, a partir da idéia de trabalho mecânico; sua extensão ao calor data do século XIX (DEBEIR et al., 1993). Como definição geral pode-se dizer que energia é “o que se deve fornecer a um sistema material, ou retirar dele, para transformá-lo ou deslocá-lo”. Esta definição supõe a possibilidade de comparar entre si todas as transformações possíveis de todos os sistemas possíveis, tomando uma delas como padrão e utilizando-a como unidade de medida. O movimento mecânico, a radiação, o calor, aparecem como formas diferentes de um mesmo fenômeno, a energia, medida por uma unidade comum (caloria, Joule, tep, etc.). Essa equivalência foi expressa, em meados do século XIX, pelo primeiro princípio da termodinâmica, segundo o qual a energia não pode ser nem criada nem destruída (LORA, 2002).

Quando se transforma a energia tendo em vista uma utilização precisa usa-se um conversor, por exemplo, uma central termelétrica transforma em eletricidade a energia química contida no carvão, no óleo combustível ou no gás natural; um motor transforma esta eletricidade em energia mecânica. A quantidade de energia útil final é sempre inferior à quantidade de energia bruta inicial, resultando num fator de rendimento que é sempre um número menor que 1. Este resultado foi formulado por Carnot em 1824, como resultado da observação do rendimento muito baixo das máquinas a vapor construídas na época. Este princípio, conhecido como a Segunda Lei da Termodinâmica, introduz um conceito de qualidade de energia, uma medida da capacidade de um sistema de transformar o calor, considerado como uma forma degradada de energia em energia mecânica (DEBEIR et al., 1993).

Finalmente, a ciência da energia foi condensada em dois princípios: que a energia de um sistema isolado é constante e que se degrada continuamente. O enunciado destes dois princípios mostra que o problema com o qual a humanidade se defronta não é o da conservação da energia, mas o da conservação de uma certa quantidade do seu dote energético, ou seja, da sua capacidade de fornecer trabalho útil. Deste ponto de vista, o segundo princípio fornece os fundamentos racionais de uma “boa política” da energia: como tirar, de nosso dote energético, o máximo de energia útil sob forma de trabalho, iluminação, alimentação, dentre outros.

2.1 A energia dentro da visão sistêmica

A noção de sistemas surgiu na primeira metade do século XX, com os trabalhos de Köhler (1924) na Física e Lotka (1925) definindo o conceito geral de sistemas e Von Bertalanffy que propôs a sua Teoria Geral de Sistemas (TGS) de aplicação em diversas áreas de conhecimento, principalmente na biologia. Na hierarquia de sistemas proposta por Von Bertalanffy (1968) e Boulding (1956), distinguem-se sistemas dos mais simples aos mais complexos, sendo feita uma distinção básica entre sistemas fechados e abertos, onde os primeiros são considerados isolados do seu entorno e os últimos permitindo relações de troca entre o sistema e o meio (KRÜGER, 2001).

A maior parte das reflexões sobre a importância da energia em nossas sociedades restringe-se a pontos de vistas parciais. Para evitar essa armadilha, é útil uma abordagem sistêmica introduzindo o conceito de Sistema Energético, que inclui de um lado as características ecológicas e

tecnológicas das linhas energéticas (evolução das fontes, dos conversores, do rendimento) e de outro, as estruturas sociais de apropriação e gestão destas fontes e conversores (VON BERTALANFFY, 1973).

Um Sistema energético é a combinação original de diversas linhas de conversores que se caracterizam pela utilização de determinadas fontes de energia e sua interdependência, pela iniciativa e sob o controle de classe ou grupos sociais, os quais se desenvolvem e se reforçam com base nisso. Os sistemas energéticos têm, portanto, sua dinâmica própria. É levando a seu extremo essa dinâmica que uma sociedade deve tentar resolver seus problemas energéticos e não tentando transformá-la, enquanto não existir uma alternativa técnica e socialmente aceitável.

2.2 Energia Elétrica

A energia elétrica é uma energia secundária que pode ser obtida a partir das fontes energéticas primárias transformadas através de conversores. As conversões de energia primária em elétrica mais utilizadas atualmente são: i) De energia térmica contida nos combustíveis fósseis e biomassa através das usinas termelétricas; ii) De energia atômica de minerais radioativos através de centrais nucleares; iii) De potencial hidráulica da água através de usinas hidrelétricas.

Nas duas últimas décadas vêm se intensificando a utilização de outras energias renováveis, além da hidráulica, devido ao esgotamento das fontes de combustíveis fósseis. Dentre essas, a geração de energia de origem eólica é a que mais tem se desenvolvido.

2.3 Energia Hidrelétrica

A energia hidrelétrica é a energia proveniente do aproveitamento do potencial hidráulico existente num rio, utilizando desníveis naturais como quedas de água, ou artificiais, produzidos pelo desvio do curso original do rio.

Por dispor da maior bacia hidrográfica do mundo, é natural e compreensível que o Brasil tenha feito historicamente sua opção por esta matriz energética. Hoje, a capacidade de geração do Brasil é representada pelas usinas hidrelétricas que dão sustentação ao desenvolvimento nacional e ao parque industrial brasileiro, respondendo por 78,98% do total da capacidade instalada no país (ANNEL, 2003). As características físicas e geográficas do Brasil foram determinantes para implantação de um parque gerador de energia elétrica de base predominantemente hídrica. A geração termelétrica representa hoje 20,89% dos empreendimentos geradores em operação no Brasil (térmica com 18,49% e termonuclear

com 2,40%).

3 SUSTENTABILIDADE

O termo desenvolvimento sustentável surgiu pela primeira vez em 1987, com o relatório Brundtland, “Nosso Futuro Comum”, e foi amplamente adotado no contexto da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento a Rio 92. Segundo a Comissão Mundial de Desenvolvimento e Meio Ambiente das Nações Unidas, o desenvolvimento sustentável visa suprir as necessidades da população mundial atual sem comprometer as necessidades das gerações futuras. A sustentabilidade supõe a habilidade para perdurar no tempo, evitando o colapso das civilizações, sociedades, economias e organizações, tornando-as capazes de sustentar-se. O processo de mudança do antigo paradigma para o novo – o da sustentabilidade – está em andamento e envolve todas as áreas do pensamento e da ação humana (ALMEIDA, 2002).

A sustentabilidade depende também da base cultural, fundada em padrões de consumo e estilos de vida globalmente perduráveis. Tal não ocorre com o modelo de desenvolvimento consumista dos países industrializados, que, se adotado por toda humanidade, levaria a exaustão dos recursos naturais (RIBEIRO, 2003).

O processo de mudança do antigo paradigma para o novo – o da sustentabilidade – está em andamento e envolve todas as áreas do pensamento e da ação humana (ALMEIDA, 2002). Para o século XXI, estima-se o declínio das reservas petrolíferas, o que demandará ajustes, queda no consumo e inflexões radicais, sob pena de colapso do sistema econômico, social e político. A capacidade de encontrar substitutos para essa fonte de energia, de reduzir desperdícios e promover a conservação desse recurso estratégico será crucial para dar sobrevida à civilização pós-industrial (RIBEIRO, 2003). No conceito de desenvolvimento sustentável empresarial são englobados três componentes: o econômico, o ambiental e o social. O setor elétrico, apesar de trabalhar com matérias-primas e produtos de origem não-renovável que são os combustíveis fósseis, pode ter práticas e ações voltadas ao desenvolvimento sustentável, como melhor utilização de recursos naturais, uso de fontes alternativas de energia e eficiência energética.

3.1 Indicadores de Sustentabilidade

Um indicador é uma variável que em função do valor que assume em determinado tempo, desdobra significados que não são aparentes imediatamente, pois existe um construtor cultural e de significado social

que se associa ao mesmo. Portanto nem todas as estatísticas podem ser consideradas indicadores, pois para entrar nesta última categoria, o dato que estamos considerando deve dizer-nos várias coisas importantes, a um grupo determinado de pessoas, sem lugar a dúvidas ou interpretações falsas. Os indicadores permitem sintetizar informação sobre uma realidade complexa e variável. Os indicadores são em si informação seleta e processada, cuja utilidade tem sido predefinida e sua existência justificada, portanto permitem a realização de um trabalho mais eficiente auxiliando evitar conseqüências indesejáveis que possam ocorrer com maior freqüência quando não se pode produzir ou processar toda a informação pertinente para o caso (QUIROGA, 2003).

Os indicadores de sustentabilidade mostram as variações de valores ou estados de determinada variável, que se apresentando distintos no tempo, sinalizam aspectos fundamentais ou prioritários no processo de desenvolvimento, particularmente em relação às variáveis que afetam a sustentabilidade destas dinâmicas. Por exemplo, a taxa de crescimento do parque automotivo de uma cidade poluída e congestionada, além de ser uma estatística é também um indicador que não só se refere à quantidade de veículos que se somam ao parque todo o ano, caso seja positiva, mas também informa que crescerá a pressão de emissões de contaminantes e também que provavelmente piorariam as condições de congestionamento e tempo de transporte, refletindo numa diminuição da qualidade de vida.

3.2 Energia e Sustentabilidade

Para que a avaliação dos impactos de qualquer empreendimento sobre um ambiente faz-se necessário conhecer suficientemente tanto a ação impactante como o meio que a receberá. Isso implica em obter dados, elaborá-los, proceder as análises e saber interpretar os resultados. Segundo Müller (1995) os componentes ou fatores considerados em uma análise de impactos de usinas geradoras de energia elétrica são classificados em fixos, que em larga escala não podem ser modificados pela ação antrópica. Os fatores variáveis, pelo contrário, referem-se às ações do homem e sofrem alterações segundo as decisões humanas reagindo às pressões causadas por elas. Dentre os fatores principais destacam-se: tipo de empreendimento, escala, localização, tipo de operação, época em que se processarão as ações impactantes e a intensidade das reações do meio às intervenções, afetando (custo) os padrões ambientais (maior ou menor qualidade) como resultado do empreendimento (benefício).

Para descrever um meio, e como nele se processará a implantação de um empreendimento de geração são usados dois enfoques: um é o

qualitativo, em que se examina o ambiente e revisam-se as características do empreendimento, procurando identificar as áreas sensíveis e críticas à ação prevista e a outra é o quantitativo, em que medindo encontram-se valores e índices dos elementos que compõem o ambiente. Essas mensurações destinam-se a conhecer a escala dos impactos sobre os fatores antes qualificados.

Para se conhecer esses fatores, no entanto, existem algumas dificuldades. A mensuração direta dos elementos não é uma empreitada viável, tanto pela complexidade dos fatores, como pelo tempo e custo que isso despenderia. Como esses conhecimentos são imprescindíveis, recorre-se a métodos indiretos (de mensuração) que identifiquem o ambiente e permitam previsões e interpretações das reações que ali ocorrem.

Utilizam-se então, indicadores ambientais sensíveis às intervenções. Esses indicadores são, em geral, uma expressão quantitativa que revela o estado de um ambiente ou descreve seu funcionamento. Ao mesmo tempo, os indicadores permitem estimar as mudanças que ali ocorrem, provocadas pela intervenção conhecida. Considerando a amplitude dos elementos socioambientais, os indicadores serão igualmente medidos tanto nos meios biofísicos como nos antrópicos, com procedimentos padronizados de registros, documentos e depoimentos orais. As mensurações podem incidir em interações de fatores biofísicos e antrópicos e/ou combinações entre esses componentes (MÜLLER, 1995).

O *Battelle Columbus Laboratories*, dos Estados Unidos, que desenvolveu uma lista de 78 parâmetros ambientais para denunciar diversos tipos de impactos, recomenda escolher como indicadores ambientais os fatores do meio que: i) representem a qualidade do meio; ii) sejam facilmente mensuráveis na natureza; iii) respondam aos impactos que a proposta provocaria e iv) sejam avaliáveis no nível de projeto.

Segundo Müller (1995), na seleção dos indicadores, define-se também o nível de detalhamento das informações com que se trabalhará. Uma escolha de muitos indicadores, ou extremamente detalhados, em lugar de dar maior precisão, geram dificuldades no processamento, na interpretação dos resultados e conclusão (escala e importância) sobre os impactos. Por outro lado, escolher poucos indicadores ou indicadores muito superficiais, pode tornar as informações insuficientes para a constatação do impacto do empreendimento.

Para que esses fatores possam ser usados como indicadores, deve-se definir uma unidade de mensuração, considerando medições simples e combinadas, de acordo com os conhecimentos disponíveis. As coletas dos dados devem obedecer a métodos estatísticos apropriados, para se obter resultados significativos.

4 IMPACTOS AMBIENTAIS NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

O conceito mais aceito de avaliação do impacto ambiental identifica-a como um processo de levantamentos, prospeção e estudos destinados à identificação, interpretação e previsão dos efeitos que cada ação proposta pode causar ao bem-estar humano e ao ambiente. As pesquisas pressupõem, conseqüentemente, levantamentos de campo e a audiência da população afetada. A busca de informações deve ter caráter interdisciplinar, ou seja, não somar as opiniões de especialistas (visão multidisciplinar), mas sim cruzá-las, justapô-las e integrá-las entre as várias disciplinas que tratam a matéria. É recomendável também a adoção de procedimento de consulta à sociedade atingida pelos impactos negativos do empreendimento, com vistas ao seu aprimoramento e redução de conflitos e de custos resultantes (MÜLLER, 1995).

Os métodos mais usados para a avaliação dos impactos causados por uma ação proposta consistem em três estágios: o de identificação dos fatores intervenientes, o de predição dos efeitos e o de interpretação dos resultados. Na fase da identificação, são levantados os sistemas existentes (físico, biológico e social) e determinados os componentes relevantes do projeto, do ponto de vista de sua influência no meio. Um dos métodos de identificação desses impactos é o de elaboração de indicadores de impacto.

Na fase de predição, avaliam-se as alterações do meio, possíveis de serem causadas pelo projeto, segundo seu significado quanto aos aspectos qualitativos (importância) e quantitativos (magnitude, quantidade ou volume). A predição baseia-se, em geral, em equações e modelos matemáticos relacionados com os indicadores ambientais, amparados por testes e experimentações comprobatórias (calibração). Uma vez testado o modelo, sua aplicação gerará índices que definem o estado atual e o estado do meio depois de impactado pela ação proposta. Tendo os padrões referenciais, em forma de indicadores ou conjunto de parâmetros, esses seriam a meta a ser perseguida e os limites da intensidade de alterações que poderiam ser introduzidas pelo projeto de desenvolvimento proposto. Na fase de interpretação ou de avaliação final, destacam-se as áreas que receberão impacto e sua origem, possibilitando determinar a incidência dos custos e benefícios em termos físicos, biológicos e sociais. Essa avaliação pressupõe julgamento e este será mais preciso quanto mais efetivas tiverem sido as fases precedentes (MÜLLER, 1995).

4.1 Opções de Geração de Energia e seus Impactos

Dada a grande variedade de fontes de energia primárias e tecnologias de conversão, ao comparar-se as vantagens ambientais relativas a cada uma delas algumas questões difíceis de responder são também levantadas. Conservação de energia e programas de eficiência energética são indubitavelmente a melhor solução para reduzir impactos, porém tais programas, especialmente em países em desenvolvimento, não podem ser totalmente aplicados devido à crescente demanda de eletricidade.

Através de uma perspectiva ambiental, a comparação de opções de fontes geradoras deve estar baseada em uma análise que considere todos os impactos gerados durante o ciclo de vida do processo de produção para cada alternativa disponível. A avaliação do ciclo de vida - ACV (*Life-Cycle Assessment* – LCA) se dá numa perspectiva de âmbito mais amplo, porque segue cada opção do começo ao fim, avaliando os impactos ambientais de todos os passos do processo, do berço ao túmulo, incluindo a extração de recursos, processamento e transporte de combustíveis, construção das usinas, produção da eletricidade e disposição do resíduo (IHA, 2003).

Todo uso de fontes de energia modifica o meio ambiente e traz conseqüências indesejáveis. A queima de combustíveis fósseis, como carvão, óleo e gás, trazem, em diferentes extensões impactos adversos para a saúde ambiental e humana. Apesar das tecnologias de mitigação destes efeitos, as emissões de contaminantes atmosféricos estão causando aquecimento global, chuva ácida, fumaça e graves doenças respiratórias.

Combustíveis não fósseis também têm efeitos prejudiciais. A principal preocupação pública é sobre segurança operacional, tratamento e armazenamento de resíduo perigoso, e até mesmo a proliferação de armas no campo da energia nuclear. Porém, já existe conhecimento tecnológico para mitigar estes problemas, e já é possível também reduzir o tamanho das unidades de produção de energia para reduzir custos.

Grandes empreendimentos hidrelétricos também têm gerado opiniões controversas, principalmente por causa das populações que devem ser retiradas da área a ser inundada, assuntos ecológicos e gerenciamento ineficiente da vazão nos rios. Tais problemas normalmente são o resultado de mitigação de impacto insuficiente devido à legislação inadequada.

A utilização de biomassa em larga escala traz consigo o impacto das monoculturas e perda de biodiversidade, competição por uso de terra agrícola e recursos de água, e impactos negativos da colheita e queima.

Energia eólica e solar são criticadas como incertas e impossíveis de prever. Na energia eólica em particular, destacam-se a alteração visual da paisagem pelas torres e turbinas, além do ruído e mortalidade de pássaros em algumas localidades. Quanto à energia solar, a fabricação de células solares fotovoltaicas produz resíduos perigosos e ainda são bastante caras.

A energia maremotriz (de barragem de estuários) causa pantanos de lama cobertos por água que prejudicam o acesso de pássaros a comida. Espécies migratórias podem também ser afetadas e há indícios também que os gradientes de salinidade das águas podem também ser alterados (IHA, 2003).

Toda escolha de uma opção de fonte de geração de eletricidade exige uma avaliação apropriada, que envolverá um estudo e negociação de “custo x benefícios”, além de uma compreensão correta dos impactos e adoção de medidas compensatórias adequadas, com o objetivo de fornecer serviços de suprimento de energia sustentáveis.

Os projetos de empreendimentos geradores de energia implantados a partir de 1986 tiveram que ser adequados à legislação ambiental, que passou a exigir o EIA/RIMA – Estudo e Relatório de Impacto Ambiental e também um Plano Básico Ambiental (PBA) com as ações corretivas ou compensatórias dos impactos ambientais causados pelos empreendimentos. Este marco legal representou um grande avanço, pois os empreendedores passaram a prestar mais atenção aos aspectos ambientais e a investir na minimização dos impactos negativos e maximização dos impactos positivos.

5 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Os impactos causados pela implantação de um empreendimento de geração são definitivos e irreversíveis, porém durante a fase de projeto são definidos programas de mitigação ou compensação que são implantados durante a construção e operação da usina. Já os impactos (positivos ou negativos) causados pela operação são geralmente permanentes e contínuos por isso devem ser monitorados e medidos. Uma metodologia aplicável para mensuração desses impactos é a adoção dos indicadores de sustentabilidade da operação, ou da geração de energia descritos neste trabalho.

Na pesquisa realizada, foram identificadas 3 empresas de energia que utilizam a metodologia de indicadores para avaliar a sustentabilidade das suas atividades:

- PETROBRAS – Foi a única empresa brasileira do setor de energia, identificada na pesquisa, que define parâmetros para avaliar a sua sustentabilidade, apresentando 28 indicadores (AMARAL, 2002).
- A agência do governo americano *TVA - Tennessee Valley Authority* responsável pela geração de energia elétrica em 7 com 8 milhões de consumidores e que apresenta uma matriz energética predominantemente térmica e termonuclear correspondendo a 92% da capacidade instalada. A TVA (*Tennessee Valley Authority – U.S.A.*) utiliza indicadores ambientais para criar uma visão global de seu desempenho ambiental (*environmental performance*) ou sustentabilidade dos processos de geração de energia (TVA, 2001);
- A canadense *Hydro Québec* responsável pela geração de energia elétrica na região de Québec com 2,8 milhões de consumidores e que apresenta uma matriz energética similar a do Brasil em que predomina a geração hidrelétrica com mais de 90% da capacidade instalada (HYDRO QUÉBEC, 2003). A Hydro-Québec aderiu aos princípios de desenvolvimento sustentável desde 1989. Considera sustentabilidade como um compromisso em longo prazo que combina proteção ambiental, equidade social e eficiência econômica, recuperação e reciclagem (HYDRO QUÉBEC, 2001).

5.1 Indicadores Sociais e Econômicos utilizados pela PETROBRAS.

Os indicadores de sustentabilidade da PETROBRAS foram definidos pelo Eng. Sergio Pinto Amaral, doutorando em Engenharia Ambiental na Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ), na tese intitulada “Estabelecimento de Indicadores para Avaliação de Sustentabilidade Ambiental, Social e Econômica: Uma Proposta para a Indústria de Petróleo Brasileira” (AMARAL, 2002).

De acordo com este estudo, são propostos para a empresa quatro indicadores ambientais corporativos, apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Indicadores Ambientais corporativos propostos para a PETROBRAS

INDICADORES AMBIENTAIS	Fatores ou Parâmetros
1. Emissões atmosféricas	Emissões SO _x , NO _x , VOCs e CH ₄ Emissões CO e CO ₂ Emissões de material particulado Emissões totais pelos <i>flares</i>
2. Efluentes líquidos	Emissão de OeG e de NH ₃
3. Derramamento de óleo e derivados no Meio Ambiente	Derramamento na Água Derramamento no Solo
4. Manejo de Resíduos Sólidos	Abatimento de resíduos estocados (%) Abatimento de resíduos gerados (%)

Fonte: Amaral, 2002.

Quanto aos indicadores sociais (Tabela 2), foram sugeridos os indicadores internos e externos que vêm sendo utilizados pela PETROBRAS nos últimos anos:

Tabela 2 – Indicadores Sociais propostos para a PETROBRAS

INDICADORES SOCIAIS	
1. Alimentação	2. Encargos Sociais
3. Valor pago à previdência privada	4. Assistência médica e social aos empregados
5. Número de acidentes de trabalho	6. Número de doenças ocupacionais
7. Investimento em educação dos empregados	8. Investimento em projetos culturais para os empregados
9. Capacitação e desenvolvimento profissional	10. Número de mulheres que trabalham na empresa
11. Creche / auxílio creche	12. Participação nos resultados da empresa
13. Percentual de cargos de chefia ocupados por mulheres	14. Número de empregados portadores de deficiência
15. Transparência e comunicação das informações	16. Eficácia das contribuições para a sociedade (educação, cultura, saúde, saneamento, esporte, lazer, alimentação, creches e outros).

Fonte: Amaral, 2002.

Revista EDUCAÇÃO & TECNOLOGIA

Periódico Técnico Científico dos Programas de Pós-Graduação em Tecnologia dos CEFETs-PR/MG/RJ

Como indicadores econômicos foram sugeridos os apresentados na tabela 3.

Tabela 3 – Indicadores Sociais propostos para a Petrobrás

INDICADORES ECONÔMICOS	
1.	Despesas com salários e benefícios.
2.	Impostos e taxas em geral
3.	Investimentos em Segurança, Meio Ambiente e Saúde (SMS)
4.	Investimentos em pesquisa e desenvolvimento
5.	Investimento em desenvolvimento comunitário
6.	Investimento em tecnologia nacional
7.	Patrocínio de projetos ambientais

Fonte: Amaral, 2002.

5.2 Indicadores Ambientais da TVA e Hydro-Québec

Na elaboração da tabela 4 foram considerados os principais indicadores utilizados pelas empresas identificados na pesquisa.

Tabela 4 – Indicadores de sustentabilidade ambiental da TVA e Hydro Québec

INDICADORES	FATORES ou PARÂMETROS	Hydro Québec	TVA
a) Qualidade do ar	1. emissões de CO ₂ (4)	X	X
	2. emissões de SO ₂ (4)	X	X
	3. emissões de NO _x (4)	X	X
	4. emissões de CO ₂ evitadas (4)	X	X
	5. emissões de S O ₂ evitadas (4)	X	X
	6. emissões de NO _x evitadas (4)	X	X
	7. Redução de Gases efeito estufa ¹	-	X

Tabela 4 - Continuação

INDICADORES	FATORES ou PARÂMETROS	Hydro Québec	TVA
b) Eficiência energética	8. Área utilizada (km ²) ²	X	-
	9. Uso Eficiente de Energia (UEE) – economia residencial (1)	X	-
	10. UEE – economia setor comercial (1)	X	-
	11. UEE – economia setor industrial (1)	X	-
	12. Eficiência energética (EE) de edifícios: economia (1)	X	X
	13. EE de equipamentos: economia (1)	X	-
	14. Eficiência no consumo da frota veículos (km)	X	-
	15. Redução do Pico de Demanda (1)	-	X
	16. Blocos de energia vendida substituída por energia renovável (1)	-	X
	17. Instalações de energia eficiente em residências ³ (2)	-	X
c) Utilização de recursos naturais	18. Reutilização de postes (2)	X	-
	19. Reutilização de óleo isolante de transformadores (3)	X	-
	20. Recuperação/ reciclagem computadores e impressoras (2)	X	-
	21. Recuperação/ reciclagem equipamentos elétricos (2)	X	-
	22. Resíduos e efluentes tratados, reciclados ou utilizados (3)	X	-
	23. Resíduos perigosos recuperados ou devidamente destinados (3)	X	-
	24. Utilização de subprodutos da combustão do carvão (3)	-	X
	25. Compra de produtos reciclados (2)	-	X

Tabela 4 - Continuação

INDICADORES	FATORES ou PARÂMETROS	Hydro Québec	TVA
d) Qualidade ambiental	26. Produção de resíduo radioativo (3)	X	X
	27. Produção de resíduo perigoso (3)	-	X
	28. Derramamento de óleo isolante (2)	X	-
	29. Material derramado recolhido (3)	X	-
	30. Tratamento do solo contaminado óleo (\$)	X	-
	31. Resíduos sólidos enviados para aterros (3)	-	X
	32. Inventário de efluentes tóxicos (3)	-	X
	33. Melhoramento de costas prejudicadas – Investimento (\$)	-	X
e) Qualidade da água	34. Saúde ecológica dos rios ⁴	X	-
	35. Saúde ecológica dos reservatórios ⁵	X	X
f) Responsabilidade social e Ambiental	36. Investimento anual em pesquisas em universidades (\$)	X	-
	37. Unidades geradoras com certificação ISO 14.000 (2)	X	-
	38. Empregados treinados ISO 14.004 (SGA) (2)	X	-
	39. Investimento anual em programas sociais (\$)	X	-
	40. Investimento anual em programas ambientais (\$)	X	X
	41. Não conformidades em relação a 1995 (<i>Baseline</i>) (%)	-	X
	42. Ações judiciais relativas a problemas ambientais (2)	X	-

¹ Através de implantação de dispositivos de redução de emissões; ² Área diretamente afetada pelo empreendimento, por ex. área alagada por reservatório e área atingida por chuva ácida; ³ Pelo Programa “Energia Certa”; ⁴ Concentração de poluentes nos rios (mg/m³), presença de coliformes fecais, alerta para o consumo de peixe; ⁵ Parâmetros Observados: Oxigênio Dissolvido (ppm), Dias com taxas OD não atingindo a meta; Clorofila ; Quantidade peixes (num.); Variedade de peixes (num. Espécies); Emissão de gás metano (ton) / (1) – KWh ; (2) – Número; (3) – Volume; (4) – Ton/ano.

Fonte: Hydro-Québec Sustainable Report 2002, Hydro-Québec Environmental Report 2001 e TVA Environmental Performance Indicators 2002

Revista EDUCAÇÃO & TECNOLOGIA

Periódico Técnico Científico dos Programas de Pós-Graduação em Tecnologia dos CEFETs-PR/MG/RJ

6. PROPOSTA DE INDICADORES EMPRESARIAIS OU CORPORATIVOS APLICÁVEIS AO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

Os conjuntos de indicadores ambientais, sociais e econômicos adotados pelas empresas do estudo de caso fornecem uma lista quase completa de indicadores aplicáveis na medição da sustentabilidade da atividade de geração de energia elétrica. Os indicadores apresentados nas tabelas a seguir, que foram obtidas pela combinação dos indicadores pesquisados, representam o conjunto de indicadores julgados aplicáveis ao setor elétrico brasileiro.

6.1 Indicadores sociais

Os indicadores sociais apresentados na tabela 5 foram obtidos pela combinação dos indicadores usados pelas três empresas pesquisadas e representam o conjunto de indicadores sociais julgados aplicáveis ao setor elétrico brasileiro.

6.2 Indicadores Econômicos

Os indicadores econômicos apresentados na tabela 6 foram também obtidos pela combinação dos indicadores usados pelas três empresas pesquisadas e representam o conjunto de indicadores econômicos julgados aplicáveis ao setor elétrico brasileiro.

Tabela 5 – Indicadores Sociais Aplicáveis ao Setor Elétrico Brasileiro

INDICADORES SOCIAIS	
1. Alimentação (1)	2. Encargos sociais (1)
3. Valor pago à previdência privada (1)	4. Assistência médica e social aos empregados (1)
5. Número de acidentes de trabalho (1)	6. Número de doenças ocupacionais (1)
7. Investimento em educação dos empregados (1)	8. Investimento em projetos culturais para os empregados (1)
9. Capacitação e desenvolvimento profissional (1)	10. Número de mulheres que trabalham na empresa (1)
11. Creche/ auxílio creche (1)	12. Participação nos resultados da empresa (1)
13. Transparência e comunicação das informações (1)	14. Número de empregados portadores de deficiência (1)

15. Percentual de cargos de chefia ocupados por mulheres (1)	16. Eficácia das contribuições para a sociedade (educação, cultura, saúde, esporte, lazer, alimentação, creches e outros) (1).
17. Ações judiciais relativas a problemas ambientais (3)	18. Empregados treinados ISO 14.004 (3)
19. Investimento em educação para a comunidade (3)	20. Investimento em projetos sociais (culturais) a comunidade (2,3)
21. Investimentos em pesquisa em universidades (3)	

Identificado na empresa: (1) PETROBRAS; (2) TVA; (3) Hydro-Québec

Tabela 6 – Indicadores Econômicos Aplicáveis ao Setor Elétrico Brasileiro

INDICADORES ECONÔMICOS
1. Despesas com salários e benefícios. (1)
2. Impostos e taxas em geral (1)
3. Investimento em Segurança, Meio Ambiente e Saúde (SMS) (1)
4. Investimento em pesquisa e desenvolvimento (1,3)
5. Investimento em desenvolvimento comunitário (1,3)
6. Investimento em tecnologia nacional (1)
7. Patrocínio de projetos ambientais (1)

Identificado na empresa: (1) PETROBRAS; (2) TVA; (3) Hydro-Québec

6.3 Indicadores Ambientais

Os indicadores ambientais apresentados na tabela 7 foram também obtidos pela combinação dos indicadores usados pelas três empresas pesquisadas. Os parâmetros apresentados são aqueles considerados de maior aplicabilidade no contexto brasileiro sendo que na mesma tabela foi inserida uma coluna na qual se identificou a relevância dos mesmos para a geração hidrelétrica (H), termelétrica (T) ou para a empresa em geral (G).

Vale ressaltar que alguns parâmetros usados pelas empresas pesquisadas na definição dos indicadores não se aplicavam ao setor elétrico brasileiro, outros representavam programas específicos do setor elétrico dos seus países e outros ainda se aplicavam à geração de eletricidade em usinas nucleares não contempladas neste estudo. Estes

parâmetros não foram usados na definição dos indicadores sugeridos para o setor elétrico brasileiro.

Tabela 7 – Indicadores Ambientais Aplicáveis ao Setor Elétrico Brasileiro

INDICADORES	FATORES ou PARÂMETROS	Empresa	Aplicação H,T,G
a) Qualidade do ar	1. emissões de CO ₂ (4)	1,2,3	T
	2. emissões de SO ₂ (4)	1,2,3	T
	3. emissões de NO _x (4)	1,2,3	T
	4. emissões de CO ₂ evitadas (4)	1,2	H,T, E
	5. emissões de SO ₂ evitadas (4)	1,2	H,T, E
	6. emissões de NO _x evitadas (4)	1,2	H,T,E
	7. Redução de gases efeito estufa ¹	1,2	T
b) Eficiência energética	8. Área utilizada ² (km ²)	2	H,T
	9. Uso Eficiente de Energia (UEE) – economia setor residencial (1)	2	G
	10. UEE – economia setor comercial (1)	2	G
	11. UEE – economia setor industrial (1)	2	G
	12. Eficiência energética (EE) de edifícios: economia (1)	2,3	G
	13. EE de equipamentos: economia (1)	2	G
	14. Eficiência no consumo da frota de veículos (km)	2	G
	15. Redução do Pico de Demanda (1)	2,3	G
	16. Instalações de energia eficiente em residências ³ (2)	2,3	G
c) Utilização de recursos naturais	17. Reutilização de postes (2)	2	
	18. Reutilização de óleo isolante de transformadores (3)	2	G
	19. Recuperação/ reciclagem de computadores e impressoras (2)	2	G
	20. Recuperação/ reciclagem de equipamentos elétricos (2)	2	G
	21. Resíduos e efluentes tratados, reciclados ou utilizados (3)	2	T
	22. Resíduos perigosos recuperados ou devidamente destinados (3)	2	T
	23. Utilização de subprodutos da combustão do carvão (3)	2	T
	24. Compra de produtos reciclados (2)	2	G

Tabela 7 - Continuação

INDICADORES	FATORES ou PARÂMETROS	Empresa	Aplicação H,T,G
d) Qualidade ambiental	25. Produção de resíduo perigoso (3)	1,3	T
	26. Derramamento de óleo isolante (2)	2	G
	27. Material derramado recolhido (3)	2	G
	28. Tratamento do solo contaminado com óleo (\$)	2	G
	29. Resíduos sólidos enviados para aterros (3)	1,3	G
	30. Inventário de efluentes tóxicos (3)	3	G
	31. Melhoramento de costas prejudicadas – Investimento (\$)	3	H,T
e) Qualidade da água	32. Saúde ecológica dos rios ⁴	2	H,T
	33. Saúde ecológica dos reservatórios ⁴	2,3	H
f) Responsabilidade ambiental	34. Unidades geradoras com certificação ISO 14.000 (2)	2	G
	35. Empregados treinados ISO 14.004 (SGA) (2)	2	G
	36. Investimento anual em programas ambientais (\$)	2	G
	37. Não conformidades em relação a um ano base (<i>Baseline</i>) (%)	2,3	G
	38. Ações judiciais relativas a problemas ambientais (2)	2	G

¹ Através de implantação de dispositivos de redução de emissões; ² Área diretamente afetada pelo empreendimento, por ex. área alagada por reservatório e área atingida por chuva ácida; ³ Programa PROCEL ⁴ Obedecer aos limites da Resolução CONAMA 020/86 (1) – kWh; (2) – Número; (3) – Volume; (4) – ton/ano Aplicação: H – Hidreletricidade, T – Termeletricidade, E – Energia Eólica, G – Para qualquer tipo de fonte energia ou para a empresa em geral

Identificado na empresa: 1- Petrobras 2- TVA 3- Hydro-Québec

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os indicadores apresentados neste trabalho referem-se à fase de operação, ou seja, da atividade de geração, pois como mencionou-se anteriormente estes são os impactos passíveis de monitoramento. Os impactos da fase de implantação normalmente são irreversíveis e na fase de projeto opta-se pelo arranjo que apresente a melhor relação custo/benefício em relação aos indicadores ambientais, sociais e econômicos e propõe-se programas para mitigação ou minimização destes impactos.

No Brasil ainda existe uma carência de indicadores amplamente

aceitos para avaliar a sustentabilidade ambiental da geração de energia elétrica. Os autores acreditam que os indicadores utilizados pelas três empresas apresentadas neste trabalho são perfeitamente aplicáveis ao setor elétrico brasileiro, porém devido às especificidades do nosso sistema, existem outros que poderiam ser acrescentados à lista proposta, ficando portanto aqui registrada a necessidade de se continuar a pesquisa neste assunto.

Como os indicadores são em si informação seleta e processada que permitem a realização de um trabalho mais eficiente auxiliando evitar conseqüências indesejáveis que possam ocorrer com maior freqüência quando não se pode produzir ou processar toda a informação pertinente para o caso, conclui-se também que utilização de indicadores de sustentabilidade podem ser úteis para as empresas de geração auxiliando no processo de tomada de decisão sobre seus negócios e futuros projetos guiando suas ações no rumo da sustentabilidade.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. O bom negócio da sustentabilidade. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2002.
- AMARAL, S.P. **Indicadores de Sustentabilidade Ambiental, Social e Econômica: Uma Proposta para a Indústria de Petróleo Brasileira**. Meio Ambiente Industrial – Edição 39 – número 38,. 2002.
- ANEEL, **Capacidade de Geração do Brasil**. Disponível em: <<http://www.anel.gov.br>> Acessado em: 28 abr. 2003.
- BATTELLE MEMORIAL INSTITUTE. **National Environmental Performance Track – U.S. EPA Annual Report, 2001**. Disponível em www.battelle.org/environment acessado em 02/07/03.
- DEBEIR, J. C. et al. **Uma história da energia**. Brasília: Editora da UNB, 1993.
- DUNN, S. **Sistema energético do século XX é incompatível com a economia digital**. Disponível em: <<http://www.wwiuma.org.br>> Acessado em: 15 abr. 2003.
- HYDRO-QUÉBEC, **Hydro-Québec Environmental Report 2001 / Hydro-Québec Sustainable Report 2002**. Disponível em <<http://www.hydro.quebec.com/environment>> Acessado em: 15 jun. 2003
- IHA- INTERNATIONAL HYDROPOWER ASSOCIATION. **The Hole of Hydropower in the Sustainable Development**, 162 p. London: 2003.
- LORA, E. E. S. **Prevenção e Controle da Poluição nos Setores Energético, Industrial e de Transporte**. 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2002.

- KRÜGER, E. L. **Uma abordagem sistêmica da atual crise ambiental.** Desenvolvimento e Meio Ambiente, n. 4, p. 37-43, jul/dez 2001. Curitiba: Editora da UFPR, 2001.
- MÜLLER, A. C. **Hidrelétricas – Meio Ambiente e Desenvolvimento.** São Paulo: Makron Books, 1995.
- NAKICENOVIC, N. **Energy Scenarios for Sustainable Development.** Seminário Sustentabilidade na Geração e Uso de Energia. UNICAMP, fev. 2002. Disponível em <<http://www.rau-tu.unicamp.br>> . Acessado em 11 set. 2003.
- QUIROGA, R. **Información y Participación em el Desarrollo de la Sustentabilidade em America Latina.** La transicion hacia el desarrollo sustentável, p.115 – 139, Mexico: 2002.
- RIBEIRO, M. A. **Ecologizar - Pensando o Ambiente Humano.** Disponível em <<http://www.ecologizar.com.br>> Acessado em 24 abr. 2003.
- TENNESSEE VALLEY AUTHORITY. **TVA 2002 Environmental Performance Indicators.** Disponível em: <[http://www.tva.gov/environment/reports/aer2002update/indicators.htm# minimum](http://www.tva.gov/environment/reports/aer2002update/indicators.htm#minimum)> Acessado em: 20 jun. 2003.
- _____. **Reservoir Ratings, 2002.** Disponível em: <<http://www.tva.gov/environment/ecohealth/index.htm#reshealth>>
- VON BERTALANFFY, L. **Teoria Geral dos Sistemas.** Petrópolis: Vozes, 1973.