

# 7

## O Planejamento Integrado de Recursos no Contexto Amazônico Brasileiro

Rubem Cesar Rodrigues Souza<sup>1</sup>  
Paulo de Barros Correia<sup>2</sup>

1. Prof. do Curso de Engenharia Elétrica da  
Universidade do Amazonas.

2. Prof. do Curso de pós-graduação em  
Planejamento de Sistemas Energéticos da

## RESUMO

Procura-se neste trabalho trazer elementos elucidativos para a expansão dos sistemas isolados na Amazônia, apresentando-se uma discussão sobre a viabilidade de implementação do Planejamento Integrado de Recursos, como forma de garantir o suprimento de eletricidade às populações ali residentes, de maneira compatível com as demandas locais, tanto de eletricidade como econômicas e

socioambientais. Apresenta-se ainda um relato do estudo realizado para o município de Itacoatiara no estado do Amazonas, considerando-se diferentes opções de suprimento de eletricidade, onde se aplicou um instrumento que utiliza fundamentos de programação multiobjetiva para auxiliar a tomada de decisão, trabalhando conjuntamente critérios de natureza econômica, social e ambiental.

## ABSTRACT

A discussion on the viability of implementing Integrated Resource Planning for the expansion isolated systems is presented. The objective is to guarantee the electricity supply local matching local population economical, environmental and social needs to electricity

demand. An analysis regarding Itacoatiara region in the state of Amazon is presented. Dealing with several options for the power supply, a multicriteria tool was applied to help decision making when working with economical, social and environmental aspects.

## 1. INTRODUÇÃO

Os órgãos federais, responsáveis pelo planejamento do setor energético, sempre dispensaram um tratamento marginal à Região Amazônica (RA), contribuindo para essa ação política a pouca representatividade econômica de seus mercados. Isso fica evidente quando, analisando o Balanço Energético Nacional, verifica-se que dados essenciais, para um melhor conhecimento da RA (produção de energia primária, consumo final de energia, consumo de energia em transportes, consumo residencial de energia etc.), não estão disponíveis há mais de dez anos. A pouca importância dada à RA pelas autoridades do poder público federal também fica evidente no caso da Pesquisa Nacional por Amostragem de Domicílios - PNAD, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, a qual não contemplou os municípios do interior dos estados da RA.

No que tange ao setor elétrico, embora haja maior disponibilidade de dados, o planejamento para a RA, principalmente para os sistemas isolados, sempre se pautou na ampliação da oferta de energia, quase que exclusivamente por usinas termelétricas à base de derivados de petróleo, com tarifas e com-

bustível sustentados por subsídios. As potencialidades energéticas locais, em poucos momentos ao longo da história do setor elétrico na região, foram consideradas, uma vez que esses mercados sempre foram e continuam sendo vistos sem rentabilidade e, portanto, não sendo merecedores de maiores investimentos, o que é condição necessária para a exploração e o uso dos recursos energéticos locais.

O atual processo de reestruturação do setor elétrico brasileiro, aliado às questões socioambientais, exige uma nova abordagem metodológica para a busca de soluções para o suprimento dos mercados de energia elétrica na RA.

O Planejamento Integrado de Recursos - PIR, atualmente utilizado em grande escala nos Estados Unidos nos setores de eletricidade e de gás, apresenta-se como uma metodologia adequada para o órgão regulador analisar o conjunto de opções para o suprimento dessas demandas do cenário socioeconômico e ambiental hoje em vigor, em âmbito regional e nacional.

Discutem-se, portanto, neste trabalho, os fatores que depõem contra e a favor da implementação da metodologia de PIR nos

sistemas isolados, localizados na RA. Apresenta-se ainda uma discussão sobre um estudo de caso realizado em Itacoatiara no estado do Amazonas, onde se adotou técnica de

programação multiobjetiva para analisar as diferentes opções de suprimento de energia elétrica, considerando-se os objetivos econômicos, ambientais e sociais.

## 2. PLANEJAMENTO INTEGRADO DE RECURSOS

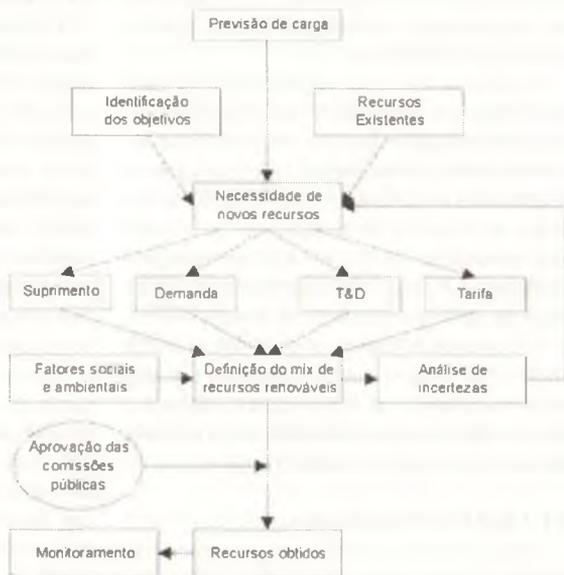
O planejamento do setor elétrico tradicional tem se preocupado excessivamente com o custo, negligenciando aspectos culturais, sociais e ambientais. No entanto, o aumento nos custos da oferta de energia elétrica, associado às restrições ambientais, estão exigindo uma reformulação nesse conceito de planejamento.

O planejamento do setor elétrico necessita contemplar múltiplos objetivos econômicos, sociais e ambientais, requerendo mecanismos que integrem esses objetivos, quase sempre conflitantes, e ao mesmo tempo considerem a utilização de recursos energéticos alternativos e convencionais.

O PIR busca ofertar serviços de energia otimizando simultaneamente critérios conflitantes, combinando opções de ampliação da oferta e gerenciamento da demanda (DSM), internalizando impactos sociais e ambientais e incorporando incertezas. Os conflitos de interesses são negociados pelos diferentes atores envolvidos na cadeia de produção e uso de energia elétrica, em um ambiente de

relação democrática. Essa metodologia tende a ganhar impulso, uma vez que incorpora as restrições financeiras, as questões ambientais e sociais, e garante a participação dos novos atores envolvidos com o setor elétrico brasileiro. Um esquema das atividades envolvidas no PIR está apresentado na figura 1:

Figura 1. Esquemático das atividades envolvidas no PIR.



Fonte: HIRSI e GOLDMAN (1990, p.1105).

## 3. PIR NO CONTEXTO DOS SISTEMAS ISOLADOS DA RA

Por envolver variadas opções, tanto do lado da oferta quanto da demanda; por incorporar externalidades na escolha e seleção de empreendimentos; por buscar a satisfação dos diferentes agentes envolvidos, direta ou indiretamente, na cadeia de produção e consumo de energia elétrica, o PIR tem grau de dificuldade de implementação superior ao do planejamento tradicional do setor elétrico brasileiro.

Partindo-se das barreiras de implementação do PIR verificadas em muitos países e daquelas inerentes ao contexto brasileiro, apresentadas por (Bajay et al., 1996, p. 1704), serão discutidas a existência e a intensidade dessas barreiras no contexto dos sistemas isolados amazônicos, acrescentando-se ao final outras barreiras e oportunidades, identificadas pelos autores deste trabalho.

### 3.1 Barreiras usualmente encontradas na implementação do PIR

Vários aspectos devem ser considerados na concepção do PIR. A diversificação das alternativas de suprimento de energia assume nova configuração no cenário nacional, face à legalização da figura do produtor independente e do autoprodutor, além do processo de privatização em curso. A necessidade de integração de recursos naturais apresenta-se como ponto bastante sugestivo para a implementação do PIR na RA, face às suas potencialidades naturais. A integração de interesses conflitantes, objetivados no PIR, conduz à necessidade de desenvolvimento de metodologias, que façam uso de ferramentas de programação multiobjetiva para auxiliar na tomada de decisão.

Conforme Bajay, *"A maioria das barreiras usualmente encontradas na implantação do PIR, nos diversos países que têm adotado essa sistemática de planejamento, são associadas a dificuldades encontradas para se implementar fontes alternativas de geração de energia elétrica e medidas de conservação de energia e modulação de carga"*. Esse autor adotou a classificação dada por (Jannuzzi & Swisher, 1997, p. 85) para essas barreiras, qual seja: falta de informações, barreiras institucionais e legais, barreiras financeiras, barreiras tecnológicas e de infra-estrutura, e nível e estrutura tarifária, as quais serão apresentadas a seguir:

#### 3.1.1 Falta de informações

Vários fatores contribuem para que essa barreira apareça de forma mais intensa nos sistemas isolados da RA. No caso amazônico, essa barreira tende a ser maior, pela inexistência, há vários anos, de programas desenvolvidos pelas companhias de eletricidade atuantes nos estados, visando ao aperfeiçoamento e à qualificação de seus profissionais.

Contrapõe-se a essa situação a existência de cursos nas universidades federais atuantes na região, as quais mantêm programas para capacitação de recursos humanos na área energética, muitas vezes em parceria com outras instituições de ensino e pesquisa existentes no país.

A falta de informações estatísticas sobre usos

finais de energia na região decorre da pouca prática, por parte das companhias energéticas, em ações de efficientização energética, o que pode ser explicado pelo descrédito em ações dessa natureza, reflexo da falta de uma política nacional contínua nessa área.

Apesar disso, as instituições de ensino e pesquisa atuantes na região procuram fechar essa lacuna, através da realização de diagnósticos energéticos e pesquisas de posse e hábitos de uso de equipamentos elétricos; muito embora esses projetos não consigam manter nem a abrangência nem a periodicidade necessárias.

#### 3.1.2 Barreiras institucionais e legais

Em termos das dificuldades legais, o não desacoplamento do lucro das empresas das vendas, de modo a garantir uma compensação pelas perdas de receita associadas a programas bem-sucedidos de DSM, não representa, nesse momento, uma barreira forte para implementação do PIR, nos sistemas isolados da RA. Isso se verifica principalmente em decorrência dos sistemas isolados apresentarem baixa qualidade de serviço por estarem sobrecarregados, o que leva a um número de horas elevado de não fornecimento de energia, permitindo enxergar as ações de conservação de energia, pelo menos nesse momento, como uma forma complementar de geração com custos normalmente inferiores aos de expansão do parque gerador. Sendo assim, haveria um ganho de faturamento devido ao maior número de horas de fornecimento.

Faz-se necessária, no entanto, a concepção de um aparato institucional adequado para conceber e implementar o PIR, em níveis nacional, estadual e municipal.

#### 3.1.3 Barreiras financeiras

No contexto dos sistemas isolados da RA, as barreiras financeiras devem ser verificadas na mesma intensidade que no contexto nacional, pois os financiamentos se dariam em grande parte pelos mecanismos não regionalizados.

No entanto, no que se refere ao fomento de tecnologias renováveis, os sistemas que

utilizam derivados de petróleo, a exemplo do que ocorre nos sistemas isolados na Amazônia, poderão ser beneficiados pela possibilidade de utilização de recursos da Reserva Global de Garantia - RGR, além de recursos provenientes da alienação de empresas de energia elétrica sob controle acionário direto ou indireto da União, ou de seus ativos patrimoniais, através do Programa de Incentivos a Energia Renováveis - PIER, do governo federal.

### **3.1.4 Barreiras tecnológicas e de infraestrutura**

A disponibilidade de utilização de tecnologias importadas, tanto para gerar como conservar energia, não seria um obstáculo para parte da RA, uma vez que há incentivos para áreas de livre comércio. A falta de uma assistência técnica local adequada seria em pouco tempo amenizada com o aumento da aquisição dessas novas tecnologias.

Na verdade, a péssima qualidade da energia atualmente fornecida representaria um grande obstáculo para certas tecnologias que conservam energia, devido às flutuações de tensão ou ainda distorções harmônicas.

### **3.1.5 Nível e estrutura tarifária**

Atualmente, as tarifas dos sistemas isolados com geração a diesel e óleo combustível têm o combustível subsidiado em 60% pela Conta de Compensação de Combustíveis - CCC, um subsídio cruzado dentro do setor elétrico, cujos recursos advêm de companhias de energia elétrica de outras regiões do país, que irá acabar em 2013, segundo a Lei 9.648 de 1998. Isso implicará várias conseqüências para a RA, porém, a barreira para a adesão aos programas de conservação de energia e modulação de carga seria eliminada com a redução do subsídio.

No entanto, a manutenção das tarifas subsidiadas até 2013 não teria grande influência, na maioria dos casos, na implementação do PIR na RA, nesse período.

Para compreender essa afirmação, é preciso ter em mente dois fatores marcantes no mercado dos sistemas isolados amazônicos.

O primeiro é a baixa renda dos consumidores, e o segundo é a baixa qualidade do fornecimento de energia elétrica, que chega a inibir a implantação de pequenas atividades no setor de comércio, serviços e industrial; além de comprometer a qualidade e lucratividade destes.

Muito embora o subsídio impeça o consumidor de enxergar os elevados custos do fornecedor, este seria levado a aderir aos programas de conservação de energia, pelo benefício que este traria, através da melhoria da qualidade do fornecimento de energia elétrica e da diminuição de seus custos com energia elétrica, conseqüência da adoção de tecnologias mais eficientes.

### **3.2 Outras barreiras encontradas nos sistemas isolados da RA**

Além das barreiras já discutidas, Bajay discute outras, específicas da realidade brasileira, quais sejam: a atual crise institucional e financeira; tarifas de fornecimento congeladas e defasadas que não refletem os custos marginais de fornecimento; tarifas de suprimento que não refletem os custos marginais; a falta das informações necessárias para alimentar o ferramental metodológico que o PIR requer; a inexistência de modelos computacionais específicos para o país, voltados para as tarefas requeridas pelo PIR; distorções de preços energéticos e a falta de "qualificação", pelo órgão regulador, dos autoprodutores interessados em vender energia elétrica.

Sem perder de vista as questões já colocadas, é de fundamental importância que outras questões específicas do contexto amazônico sejam levantadas para se avaliar a implementação do PIR nessa região, quais sejam:

#### **3.2.1 Pouco conhecimento da realidade socioambiental**

O PIR exige a elaboração de planos e projetos firmemente alicerçados na realidade regional. Sendo assim, é preciso considerar o zoneamento ecológico econômico regional, o que irá exigir um maior tempo e maiores recursos para serem concebidos.

### 3.2.2 A incorporação das questões socio-ambientais

Um dos aspectos do PIR, que difere do planejamento convencional do setor elétrico, diz respeito à incorporação das externalidades sociais e ambientais na seleção e escolha de empreendimentos.

Essas questões assumem papel fundamental no contexto amazônico, uma vez que várias questões dessa natureza precisam de um tratamento ímpar, tais como: concentração de grande parte das populações e comunidades indígenas brasileiras; existência de grande riqueza potencial (minérios, hidreletricidade, biodiversidade, água doce, madeira); existência de conflitos fundiários etc.

### 3.2.3 A falta de competição no setor

A baixa atratividade dos mercados de energia elétrica dos sistemas isolados na região Norte dificulta o interesse do capital privado nesse setor. No entanto, mesmo os mercados brasileiros considerados rentáveis, como o caso do estado de São Paulo, estão exigindo um grande esforço para torná-los atrativos ao capital privado, de maneira não prejudicial à sociedade.

Sendo assim, fica óbvio que esforço superior deverá ser feito para o caso dos sistemas isolados da RA. Porém, não se pode aceitar propostas que comprometam recursos públicos de maneira irresponsável.

É possível observar algumas possibilidades de otimização desses sistemas, seja do lado da oferta, seja do lado da demanda. Do lado da oferta, tem-se a possibilidade, por exemplo, de utilizar os gases de escape das termelétricas a diesel para secagem de madeira ou para produção de frio através de sistema de absorção, utilizando-o para conservação de pescado e outros alimentos. Esse tipo de investimento decerto poderia despertar o interesse do investidor privado, além de aumentar o faturamento das concessionárias de energia elétrica. Tem-se, ainda, a possibilidade de planejar de maneira otimizada o despacho de carga das unidades instaladas, de modo a obter um mínimo custo de geração.

Do lado da demanda, é fácil observar a possibilidade de implementação de programas de conservação de energia, principalmente na classe residencial, a qual é responsável pelo maior percentual de consumo de energia elétrica e que, na sua grande maioria, faz uso de aparelhos de baixa eficiência, como lâmpadas incandescentes.

Quanto aos mercados ainda não supridos, vilas e pequenos aglomerados populacionais, estes devem ser vistos como mercados futuros que precisam ser estimulados, porém, com uma visão de melhorar o padrão de vida e não simplesmente o padrão de conforto; é preciso que a energia esteja associada prioritariamente a um processo produtivo que conduza ao aumento do poder aquisitivo das populações beneficiadas.

A expansão do parque gerador deve ser analisada de maneira diversificada, considerando tecnologias que façam uso de insumos energéticos disponíveis na região. Nesse sentido, torna-se importante o estudo do aproveitamento do gás natural da bacia do rio Solimões no estado do Amazonas, que poderia atender Manaus (AM), Macapá (AP) e outras localidades no Pará. O aproveitamento do potencial de biomassa também deve ser pensado, obviamente de maneira sustentável, seja através da utilização da lenha, seja através de óleos vegetais.

### 3.2.4 A agilização no estabelecimento de mecanismos processuais

A Constituição Federal estabelece alguns procedimentos e condições específicos para a RA que devem ser cumpridos para a exploração dos recursos naturais para fins energéticos. Se, por um lado, esses procedimentos objetivam garantir a exploração adequada desses recursos, por outro, pela falta de regulamentação específica, apresentam-se como um obstáculo para a implementação de ações de planejamento regional.

Um exemplo desse fato é citado por (Amaral, 1996, p. 271), "Conforme o Artigo 21 da Constituição Federal, o aproveitamento dos recursos hídricos em terras indígenas, incluídos os potenciais energéticos, só pode ser

efetivado com autorização do Congresso Nacional, ouvidas as comunidades afetadas. É vedada a remoção dos grupos indígenas de suas terras. Como ainda não foi promulgada a lei ordinária regulamentando a matéria, não existem, por enquanto, mecanismos legais estabelecendo procedimentos para obter autorização do Congresso e para consulta às comunidades afetadas”.

Vale salientar que o estabelecimento de leis em si não representa uma barreira para o PIR e sim a sua não regulamentação.

### 3.2.5 Organização da sociedade

No PIR, a escolha das alternativas, dentro do portfólio de opções de investimentos, passa pela busca de satisfação dos diferentes atores envolvidos. No cenário amazônico, o baixo grau de organização da sociedade depõe contra esse procedimento. Desse modo, constituiu-se em tarefa difícil garantir a participação e um mínimo de satisfação dessas populações no processo de tomada de decisão para a escolha de alternativas de investimentos a serem implementadas. No entanto, a concepção de PIR é um convite/incentivo à sociedade a essa participação. Outras formas tradicionais de planejamento sequer consideravam tal possibilidade.

### 3.2.6 A falta de compromisso do poder público com o planejamento regional

A inexistência de um programa claro e sério de planejamento regional, tanto em nível federal, como estadual e municipal, é uma barreira extremamente significativa na implementação do PIR, na RA.

É preciso que os exercícios de planejamento regional ultrapassem o plano da concepção e avancem para a implementação das estratégias estabelecidas.

### 3.3 Elementos facilitadores para implementação do PIR na região amazônica

Apesar das inúmeras dificuldades de se estabelecer um planejamento, mesmo tradicional do setor elétrico na RA, alguns fatores e ações, hoje em curso, podem ser tomados como elementos facilitadores da viabilização de modelos de planejamento tão complexos como o PIR.

### 3.3.1 Possibilidade de captação de recursos externos

A insólita atração da Amazônia em nível internacional apresenta-se como uma oportunidade ímpar para a captação de recursos.

Segundo (Amaral, 1996, p. 271), “... sua riqueza potencial – minérios, energia elétrica, biodiversidade – desperta o interesse de agentes econômicos estrangeiros, principalmente empresas multinacionais e agências multilaterais de financiamento”. ... “... seu papel como regulador climático em escala continental e como repositório de diversidade tanto biológica quanto etnológica/cultural polariza as atenções de influentes organizações não governamentais na sua preservação e utilização visando aspectos ambientais globais do planeta”.

### 3.3.2 A Elaboração da Agenda Amazônia 21

Para a elaboração da Agenda Amazônia 21, de responsabilidade da Secretaria de Coordenação da Amazônia no âmbito do Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, têm-se criado fóruns nacionais para debater os problemas amazônicos, o que se apresenta como uma excelente oportunidade para buscar soluções duradouras, para superar as barreiras aqui levantadas e outras, para a implementação do PIR na região.

### 3.3.3 Necessidade de definição a curto prazo das alternativas de suprimento para a região

As elevadas taxas de consumo de energia elétrica, associadas ao deficiente parque gerador hoje instalado, exigem soluções de curto prazo na definição de alternativas de suprimento, principalmente para os grandes centros consumidores.

As alternativas analisadas, dentre elas a utilização do gás natural, criam um ambiente favorável para que seja exercitado o PIR, envolvendo órgãos e empresas governamentais (Eletrobrás, Petrobrás e Eletronorte), empresas privadas, governos estaduais, municipais e as populações que serão influenciadas pela decisão a ser tomada.

### 3.3.4 Desenvolvimento de projetos recentes

Várias iniciativas vêm sendo desenvolvidas no contexto amazônico em geral e nos sistemas isolados em particular, que indicam a viabilidade potencial de implementação do PIR, como instrumento factível de aplicação na Amazônia brasileira.

Dentre essas iniciativas, além das já citadas neste trabalho em termos de capacitação de recursos humanos e formação de grupos de especialistas, destacam-se as seguintes:

(i) Desenvolvimento de projeto, numa parceria entre a Universidade Federal do Amazonas e a Universidade Federal do Rio de Janeiro, através da COPPE/RJ, para a elaboração da matriz energética do estado do Amazonas e ainda para a realização de estudo relativo à inserção do gás natural na matriz energética regional.

(ii) Desenvolvimento de projetos, coordenados pela Universidade Federal do Amazonas, financiados pelo Ministério da Ciência e Tecnologia e pelo CNPq, objetivando a análise da adequação de tecnologias adaptadas ao meio rural, como sistemas fotovoltaicos, gasogênio a carvão vegetal, fogões a lenha de queima limpa, óleo vegetal para utilização em equipamentos a diesel e biodigestores. Esses projetos estão possibilitando o exercício de viabilização de parcerias entre instituições de ensino e pesquisa e órgãos federais de fomento à pesquisa, iniciativa privada, órgãos municipais e organizações não-governamentais.

(iii) Realização de estudos nos estados de Rondônia e Amazonas, cujo objetivo é identificar o perfil e hábitos de consumo de energia elétrica, bem como as oportunidades de conservação de energia.

(iv) Desenvolvimento de teses que visam

a estudar os mecanismos para a regulação econômica e ambiental nos sistemas elétricos da região amazônica e desenvolver instrumentos que auxiliem a tomada de decisão quanto às alternativas de suprimento, contemplando fontes renováveis e não-renováveis, dentro da perspectiva de compatibilizar objetivos econômicos, sociais e ambientais.

### 3.3.5 Disponibilidade de recursos financeiros para programas de P&D e eficiência energética

Nos contratos de concessão das empresas privatizadas, existe uma cláusula que estabelece que *"a concessionária deverá apresentar anualmente Programa de incremento à eficiência no uso e na oferta da energia elétrica, contemplando a aplicação de, no mínimo, 1% da receita anual, sendo que deste montante, pelo menos 1/4 deve ser vinculado a ações ligadas ao uso final"*; desse montante, no mínimo 0,25% deverá ser utilizado com ações no lado da demanda, entre as quais estão as ações de gestão energética municipal. Sendo assim, surge uma excelente oportunidade para a implementação do PIR.

O contrato de concessão estabelece ainda que, no mínimo, 0,25% da receita do ano anterior seja aplicado em pesquisa e desenvolvimento, o que amplia ainda mais as possibilidades de estudos para consolidar o PIR no contexto amazônico.

Existe previsão de que, até o final do primeiro semestre de 1999, seja assinado pelas concessionárias não privatizadas termo de compromisso com a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, para que elas também fiquem sujeitas à mesma obrigatoriedade já estabelecida para as empresas privatizadas,

## 4. ESTUDO DE CASO

Para dar maior consistência à discussão apresentada neste trabalho, fazem-se algumas considerações a respeito do estudo realizado para avaliar a competitividade de diferentes alternativas de suprimento de energia elétrica para o município de Itacoatiara.

Itacoatiara é o segundo maior consumidor de eletricidade do estado do Amazonas,

sendo responsável por 13% do consumo do interior do estado, apresentando uma taxa média anual de crescimento de consumo, nos últimos anos, de aproximadamente 19%. A geração e distribuição de eletricidade é de responsabilidade da companhia energética estadual, que possui um parque gerador constituído de unidades a óleo diesel, com capa-

cidade instalada de 15,26 MW, porém, com capacidade efetiva de 10,55 MW. A vida útil dos equipamentos está ultrapassada, além de não receberem manutenção adequada, o que conduz a um elevado consumo específico de óleo diesel, em torno de 0,37 l/kWh.

As necessidades de eletricidade foram projetadas para o período de 1998 a 2007. Consideraram-se as seguintes opções de suprimento: termelétrica a óleo diesel, a lenha, a óleo vegetal e a gás natural, interligação através de linha de transmissão com a capital do estado, localizada a 260 km. Além das opções mencionadas, contemplaram-se opções de cogeração, a partir da utilização de resíduos das indústrias madeireiras, e a implementação de programas de conservação de energia nos setores residencial, comercial e industrial, com base no estudo realizado por (Souza et al., 1997).

Para todas as opções, considerou-se toda a cadeia necessária para viabilizar o empreendimento. Para as termelétricas a lenha; adotou-se a implantação de florestas energéticas. No caso do óleo vegetal, a opção deu-se pelo óleo de dendê, devido às experiências promissoras realizadas com essa espécie na RA, admitindo-se para tal a implantação de uma planta de produção de diesel vegetal, de modo a não haver a necessidade de modificações nas unidades a diesel existentes. Quanto ao suprimento com gás natural, partiu-se da premissa de que seria feita uma derivação do gasoduto que estaria ligando a província de gás natural de Urucu e Juruá, no estado do Amazonas, a Manaus, de modo a atender a Itacoatiara. É importante salientar que o projeto para o aproveitamento de gás natural no estado do Amazonas ainda está em fase de estudos. A interligação de Itacoatiara a Manaus, através de 260 km de linha de transmissão de 230 kV, foi também considerada.

A opção de cogeração considerada foi a implantação, com capital privado, de uma unidade de 860 kW, instalada na empresa Cethal Madeireira S.A., que venderia o excedente a US\$ 70/MWh, valor esse capaz de remunerar o investimento realizado, segundo estudo desenvolvido por (Souza & Souza, 1998).

Os programas de conservação de energia, contemplados neste estudo, levam em conta somente a substituição de lâmpadas e motores superdimensionados.

Para analisar o problema, desenvolveu-se a modelagem matemática que possibilitasse a solução de mínimo custo, mínima emissão de CO<sub>2</sub> e máxima geração de empregos diretos, separadamente. Para desenvolver o modelo matemático, fez-se uso de conceitos de otimização com grafos e programação mista, adotando-se, para solucionar o problema, o método de programação por meta preemptivo, em que os critérios são hierarquizados. É importante salientar que as alternativas de ampliação do parque gerador são mutuamente exclusivas, face às restrições financeiras; no entanto, as opções de conservação de energia e cogeração estão livres para participar do atendimento da demanda conjuntamente com qualquer outra forma de ampliação do parque gerador, uma vez que essas opções, sozinhas, não conseguiriam suprir o mercado.

Na Tabela 1 pode-se observar o resultado dessa primeira análise.

Observa-se, na Tabela 1, que sob nenhum critério a opção de geração com diesel foi contemplada.

Tabela 1. Alternativa ótima considerando cada critério separadamente.

CRITÉRIO	ALTERNATIVA ÓTIMA	Custo de implantação (US\$x10 <sup>6</sup> )	Custo de geração (US\$/MWh)	Emissão de CO <sub>2</sub> (t/ano)	Área plantada (ha)	Emprego diretos gerados
Mínimo Custo	Térmica a gás natural Cogeração Conservação de energia	8.940,59	42,16	141.706	0	49
Mínima Emissão de CO <sub>2</sub>	Interligação com Manaus Conservação de Energia	31.766,83	35,77	0	0	17
Máxima Geração de Empregos	Térmica a óleo vegetal	34.806,41	155,27	0	13.947	3.172

Admitindo-se que a escolha fosse feita sob a óptica de mínima emissão e não de mínimo custo, de forma a reduzir a emissão de CO<sub>2</sub>, isso significa que estariam sendo aplicados US\$ 22.826.240,00 a mais para evitar a emissão anual de 153.419 toneladas de CO<sub>2</sub>, ou seja, estaria sendo pago o valor de US\$ 148,80 para evitar a emissão de 1 tonelada de CO<sub>2</sub> por ano. Além disso, seriam gerados 32 empregos a menos.

Se a escolha fosse feita sob o critério de maximização dos empregos gerados, isso corresponderia a um custo adicional de US\$ 65.865.820,00, o que levaria a um custo de US\$ 21.090,56 para gerar cada emprego a mais que na opção de mínimo custo.

Dando prosseguimento ao estudo, verificou-se qual a melhor solução considerando-se simultaneamente critérios de natureza econômica, ambiental e social, utilizando-se para tal o método de programação por meta preemptivo. O primeiro critério a ser atendido foi o de mínimo custo, em seguida o de mínima emissão e, finalmente, o de máxima geração de emprego direto. O resultado encontra-se na Tabela 2.

Verifica-se, na Tabela 2, que a solução difere da solução de mínimo custo, por não contemplar a opção de cogeração, o que proporciona um aumento no custo de geração de 1,57% em relação à solução encontrada, considerando-se somente o critério

de mínimo custo. Vale salientar que a modelagem foi feita para buscar a opção de mínimo custo global e não de mínimo custo de geração.

É importante frisar que o projeto de gás natural levaria aproximadamente dois anos para ser implementado, o que significa que os programas de conservação de energia devem ser implementados imediatamente.

Verificou-se, então, qual seria a melhor solução de suprimento quando se prioriza a mínima emissão de CO<sub>2</sub>, seguida da máxima geração de emprego e, por fim, o mínimo custo, cujo resultado pode ser visto na Tabela 3.

Pode-se observar, na Tabela 3, que a priorização dos objetivos ambientais e sociais conduz a um aumento no custo de geração e no de implantação, comparativamente à solução encontrada quando se prioriza, em primeira instância, a minimização dos custos.

A diferença entre os custos de implantação pode ser interpretada como o montante necessário para a geração de emprego e para evitar a emissão de CO<sub>2</sub>. Sendo assim, seria necessário investir US\$ 49.760.040,00, para gerar 2.461 empregos e evitar a emissão anual de 172.765 toneladas de CO<sub>2</sub>.

Essa solução implica ainda uma elevação no custo de geração. A diferença entre os custos de geração pode ser interpretada como o custo que a sociedade teria que pagar para gerar empregos e evitar a emissão de CO<sub>2</sub>, nas

Tabela 2. Melhor alternativa considerando-se simultaneamente objetivos econômicos, ambientais e sociais.

HIERAR- QUIA	ALTERNATIVA ÓTIMA	Custo de implantação (US\$x10 <sup>3</sup> )	Custo de geração (US\$/MWh)	Emissão de CO <sub>2</sub> (t/ano)	Área plantada (ha)	Empregos diretos gerados
Custo Emissão Emprego	Térmica a gás natural Cogeração	9 803,76	43,14	194 571	—	46

Tabela 3. Melhor alternativa considerando-se simultaneamente objetivos econômicos, ambientais e sociais.

HIERAR- QUIA	ALTERNATIVA ÓTIMA	Custo de implantação (US\$x10 <sup>3</sup> )	Custo de geração (US\$/MWh)	Emissão de CO <sub>2</sub> (t/ano)	Área plantada (ha)	Empregos diretos gerados
Emissão Emprego Custo	Térmica a óleo vegetal	58 852,71	148,00	—	10 490	2 524

quantidades anteriormente mencionadas, no caso US\$ 155,00/kWh.

Vale salientar que, mesmo pagando o cus-

to social e ambiental, o custo de geração com termelétrica a óleo vegetal seria 26% inferior ao custo atual de geração.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho mostra que é possível adotar uma metodologia de planejamento energético para a região amazônica, de modo a garantir um suprimento adequado de eletricidade, valorizando suas potencialidades e buscando uma solução de compromisso entre interesses econômicos e socioambientais. Desse modo, o PIR apresenta-se como uma boa metodologia que bem cumprirá tal finalidade.

É importante, no entanto, deixar claro que não é suficiente desenvolver métodos e técnicas para elaborar o planejamento; é fundamental a existência de um ambiente institucional adequado e um elevado grau de esclarecimento dos elementos decisores para que a tomada de decisão ocorra conforme o que preconiza o PIR.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, Antônio Carlos. 1996. A incorporação das variáveis sócio-ambientais ao processo de planejamento do setor elétrico: o caso da Amazônia. *Revista Brasileira de Energia*, v. 5, nº 2.
- BAJAY, Sérgio Valdir, CARVALHO, Eliane Bezerra de, JANNUZZI, Gilberto de Martino, CORREIA, Paulo de Barros, WALTER, Arnaldo Cesar da Silva, FERREIRA, André Luiz, ALMEIDA, Marcos de. 1996. Planejamento integrado de recursos: barreiras usualmente encontradas na sua implementação e instituições que devem ser convidadas a participar da sua implementação no setor elétrico brasileiro. VII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, Rio de Janeiro, v. III.
- HIRST, Eric & GOLDMAN, Charles. 1990. Key Issues in Integrated Resource Planning for Electric Utilities. *IEEE - Transactions on Power Systems*, v. 5, nº 4, November.
- JANNUZZI, Gilberto de Martino & SWISHER, Joel. 1997. Planejamento integrado de recursos energéticos: meio ambiente, conservação de energia e fontes renováveis. Ed. Autores Associados.
- SOUZA, Rubem Cesar Rodrigues, FILHO, Roberto Devienne, NOGUEIRA, Carlos Alexandre, BARBOSA, Christiane. 1997. Estimativa do potencial de conservação de energia elétrica nos setores residencial, comercial e industrial do município de Itacoatiara. *Relatório final*.
- SOUZA, Rubem Cesar Rodrigues & SOUZA, Mônica Rodrigues de. 1998. Levantamento do potencial de cogeração do setor madeireiro de Itacoatiara. *Relatório Final*.
- Gilberto de Martino JANNUZZI e Joel SWISHER (1997), "Planejamento Integrado de Recursos Energéticos: Meio Ambiente, Conservação de Energia e Fontes Renováveis". Editora Autores Associados, 1997.