

Análise comparativa da geração elétrica hídrica vs. gás natural

*Luiz Claudio Ribeiro Galvão - Julio Henrique Boarati
Rafael Amaral Shayani - Miguel Edgar Morales Udaeta*

Resumo

O Brasil é um país que possui diversas fontes de energia capazes de gerar eletricidade. Durante décadas, as hidrelétricas foram preponderantes na matriz energética nacional, porém atualmente outras fontes vem ganhando espaço, com destaque para o crescimento acelerado da utilização do gás natural. A opção por um destes dois recursos energéticos não deve ser realizada levando em conta somente os aspectos financeiros e a tecnologia envolvida; diversos fatores sociais, ambientais e políticos estão envolvidos e devem influenciar igualmente na escolha. Baseada na filosofia de Planejamento Integrado de Recursos e buscando o Desenvolvimento Sustentável, pode-se tomar a decisão mais acertada, onde tanto os investidores quanto os indiretamente envolvidos (sejam os consumidores ou a população ao redor da usina) saiam ganhando.

Introdução

Este trabalho apresenta uma ferramenta prática para ser utilizada no estudo comparativo entre duas fontes de energia elétrica: hidráulica e gás

natural. A idéia de tratar esta comparação através da abordagem dos custos completos possibilita uma análise ampla destes dois recursos, não resumindo-se apenas aos aspectos econômicos, como tradicionalmente é feito, mas também aos sociais (comunidades afetadas, criação de empregos), ambientais (aquecimento global, extinção de espécies, terras alagadas) e financeiros (tempo de retorno, custo de manutenção, ciclo de vida, tipo de investimento). A consideração de todos estes pontos devem ser incluídos na tomada de decisão acerca de cada recurso energético. A análise convencional não representa mais a melhor opção, pois atualmente os fatores social e principalmente ambiental estão recebendo muita importância, tanto por parte de governantes como da população em geral. Deste modo, apresenta-se uma ferramenta para análise comparativa, tanto local quanto global, que permite apresentar os custos reais associados à expansão da energia elétrica, à luz do Planejamento Integrado de Recursos, inserindo-se também na busca do Desenvolvimento Sustentável.

Inicialmente são apresentadas as vantagens e desvantagens da geração de energia elétrica tanto através de hidrelétricas quanto com gás natural. Após, os conceitos de Desenvolvimento Sustentável, Planejamento Integrado de Recursos e Custos Completos são introduzidos. A ferramenta de comparação então é apresentada, com a devida forma de interpretação, e um primeiro resultado já é obtido.

Panorama Energético

A energia é uma das principais preocupações mundiais, é o vetor de desenvolvimento responsável pelo crescimento da produção, sendo indispensável para a manutenção e desenvolvimento dos países. O Brasil está inserido neste contexto, possuindo demanda crescente por energia elétrica. Devido ao pequeno investimento neste setor nos últimos anos, o país encontra-se com seu sistema trabalhando próximo à sua capacidade máxima. Como consequência, está se buscando um rápido aumento da capacidade de geração e distribuição de energia elétrica. No ano de 1997, 92% da energia elétrica gerada foi obtida através de recursos hídricos, sendo uma fonte energética essencial para o país. Porém o gás natural vem ganhando destaque por seu crescimento na matriz energética brasileira, sendo uma nova opção com perspectivas de curto e longo prazo para minimizar o risco de déficit de energia, além de ser estrategicamente interessante para diversificar as fontes de energia do país.

Geração de Energia Elétrica Através de Hidrelétricas. O parque gerador hidrelétrico brasileiro é bastante complexo, possuindo usinas de diversas capacidades, o que torna mais confiáveis os investimentos neste setor, devido à grande experiência já adquirida. Porém são necessários grandes volumes de investimentos, associados a longos períodos de retorno de capital, o que limita a maioria dos empreendimentos à iniciativa do Estado.

As hidrelétricas possuem diversos aspectos positivos, entre eles a utilização de energia renovável, baixa emissão de poluentes (a mais importante forma de emissão deve-se aos gases de decomposição de vegetação submersa), baixo custo de operação, regulariza a vazão dos rios, viabiliza navegação através de hidrovias e possibilita irrigação, entre outros.

Como desvantagens, pode-se citar as preocupações com as florestas alagadas (eliminação da fauna e flora), grandes áreas utilizadas (inutilização de possíveis áreas agrícolas para formar o reservatório), efeito na população local (possível deslocamento, favorecimento à proliferação de mosquitos devido à água parada), influência em áreas indígenas, extinção de belezas naturais, altos custos de investimentos e longos tempos de construção, entre outros.

Geração de Energia Elétrica com Gás Natural (GN). O gás natural é, nos dias de hoje, a terceira maior fonte de energia fóssil primária no mundo, logo após o petróleo e o carvão [1]. No Brasil, está em grande ascensão como combustível para geração elétrica, devendo passar da taxa de 2,7% da matriz energética em 1997 para cerca de 12% em 2010. O que possibilita este crescimento acelerado é a construção do gasoduto Brasil-Bolívia, de 3.150 Km de comprimento, considerado como um importante empreendimentos deste tipo no mundo, e o mais extenso da América do Sul. Transportando até 30 milhões de m³ de GN por dia, apresentará um potencial de produção de energia elétrica superior à 5 GW por usinas ao seu redor.

As vantagens que podem ser citadas a respeito desta forma de geração são os pequenos volumes de investimentos (em comparação com as hidrelétricas), pequeno prazo de construção (geração de receita é mais rápida, diminuindo o custo referente aos juros do capital investido), possibilidade de construção das usinas próximas aos centros de carga, geração de empregos no local, estímulo a investimentos para a região, pequenas áreas ocupadas, possibilidade de operação apenas no horário de ponta (redução dos riscos de falha do sistema elétrico, aumento de confiabilidade), flexibilidade operacional, baixo teor de enxofre, cinzas e fuligem emitida (econo-

mia considerável em filtros) e não está sujeita a fenômenos climáticos como secas (garantia de energia firme, salvo em casos de problemas de fornecimento de gás). Outro fator favorável é a possibilidade da implantação de sistemas de cogeração a GN dentro de grandes unidades consumidoras de energia, que podem até vir a vender o excedente elétrico para a rede, diminuindo o carregamento do sistema.

Historicamente, as termelétricas em geral (à carvão, diesel, óleo combustível, etc) tinham sua utilização restrita a cobrir períodos hidrológicamente desfavoráveis, além de funcionar em conjunto com hidrelétricas para o aproveitamento completo da energia secundária. Desta maneira o custo da geração passava a ser elevado, pois estas usinas ficavam inoperantes durante grande parte do ano. Tem-se um dilema atualmente a respeito da construção do gasoduto Brasil-Bolívia, que possui acordo de consumo do tipo take or pay (ao contratar o volume desejado de gás, o preço a pagar por mês pelo combustível é fixo, independentemente se é consumido ou não). Isto implica em termelétricas a GN com regime de operação praticamente contínuo. Porém, consumir GN durante períodos hidrológicamente favoráveis faz com que as hidrelétricas passem a verter mais energia secundária, desperdiçando água (combustível gratuito) enquanto se paga pelo GN consumido.

Como desvantagem característica das termelétricas em geral, o combustível utilizado é um recurso natural não renovável e, apesar do gás natural possuir taxas reduzidas de emissão de poluentes, continua contribuindo para o efeito estufa.

Fatores Considerados

A avaliação realizada analisa os Custos Completos, que oferecem um modo de pensar amplo e com visão de futuro para que os estudos comparativos possam ser realizados de maneira abrangente. Para que se possa compreender este conceito, uma menção ao Desenvolvimento Sustentável e ao Planejamento Integrado de Recursos devem ser feitas.

Desenvolvimento Sustentável. Podemos considerar que possui, pelo menos, os conceitos presentes na seguinte definição de desenvolvimento humano: “É o processo de ampliar a gama de opções das pessoas, proporcionando a estas maiores oportunidades de educação, saúde, renda e emprego, e ainda, abrangendo o espectro total de opções humanas, desde um contexto físico em boas condições até liberdades econômicas e políticas” [2].

O desenvolvimento sustentável deve ser ponderado no momento em que se pensa em ampliar a produção de energia elétrica, pois leva em conta a manutenção da vida, o bem estar da sociedade, a preservação do meio ambiente e a qualidade de vida futura, tanto local quanto global. Conscientiza o empreendedor das diversas atitudes e escolhas que poderão ser feitas de modo a não comprometer o futuro visando apenas o lucro no momento atual. O lucro pode existir, porém visto como um elemento ao longo do processo. Isto não quer dizer que as necessidades atuais não devam ser supridas, pelo contrário, oferece uma perspectiva vislumbrando um horizonte mais amplo, ou seja, fornecendo bases para escolher a melhor opção atual de modo a não comprometer as gerações futuras pelo que está sendo feito nos dias de hoje.

Este novo paradigma abandona a idéia de que deve-se explorar todos os recursos ao máximo, poluindo o meio ambiente e utilizando recursos que farão falta no futuro, somente por ser economicamente mais atrativo (do ponto de vista técnico apenas). O custo ambiental passa a ser levado em conta, apesar de nem sempre ser possível quantificá-lo. Este começa a permear a consciência dos seres humanos, estimulando-os a realizarem as obras mais adequadas para a sociedade como um todo, tanto na geografia como no tempo, não visando unicamente lucro, considerando os custos ambientais e sociais.

Planejamento Integrado de Recursos (PIR). Baseados no paradigma do desenvolvimento sustentável, devemos agora buscar uma abordagem que pondere adequadamente os diversos aspectos técnicos, ambientais, sociais e econômicos envolvidos. Isto é o que chamamos de PIR.

Visando o desenvolvimento de um plano estratégico e identificando as opções que são importantes, deve-se considerar a ótica de todos os envolvidos no processo (governo, concessionária e consumidores) e selecionar as melhores opções de forma imparcial, independente das preferências ou diferenças históricas. Dentre as opções a serem analisadas, considera-se todas as possíveis, mesmo as alternativas não tradicionais. Isto se justifica porque aspectos não usuais (como avaliação de impactos sociais sobre o ponto de vista da comunidade afetada, e não mais somente do produtor de energia) são levados em conta, podendo caracterizar uma alternativa atual como imprópria, e uma economicamente inviável como digna de ser considerada.

Como resultado, é obtido o menor custo possível tanto para o consumidor quanto para o fornecedor, porém não necessariamente menor custo financeiro, mas menor custo social e ambiental também. A meta final do PIR é buscar uma situação em que todos os envolvidos e interessados "ganham".

Custos Completos. Resumindo os conceitos acima apresentados, pode-se dizer que o Desenvolvimento Sustentável tende, dentre outros, a conservar o meio ambiente, e o Planejamento Integrado de Recursos passa a considerá-lo como um fator a ser levado em conta no momento da análise de custos de uma nova unidade geradora de energia. Os Custos Completos englobam todos estes conceitos e ainda adicionam um novo ponto: neste tipo de análise, todos os fatores passam a ter o mesmo peso, sem tratar um com discriminação e outro com benefícios. Desta maneira, o impacto ambiental e social passam a ser cruciais no momento em que é feita a avaliação do impacto econômico de um empreendimento. Passamos a ter, então, uma avaliação completa do tipo Econômica-Financeira-Ambiental-Social do recurso energético.

A Comparação

É proposta uma ferramenta de trabalho para que se possa comparar a geração de energia elétrica através de térmicas a GN e hidrelétricas. A comparação se baseia nos impactos e benefícios de forma qualitativa e, quando possível, quantitativa. Foram consideradas as vantagens e desvantagens de cada empreendimento, atribuindo uma determinada valoração. Quanto maior o benefício, maior a valoração; e quanto maior o impacto negativo, menor esta será. A metodologia utilizada visa uma melhor consideração dos prós e contras de cada opção.

Tabela de Valoração

A aquisição de ampla quantidade de dados a respeito dos recursos de geração de energia elétrica citados proporcionou uma comparação não tendenciosa dos recursos. Foi definida uma valoração numérica para comparar os aspectos qualitativos dos recursos, correspondendo a 2, 4, 6, 8 ou 10 pontos, que são multiplicados por um Fator de Influência do Recurso (FIR variando de 1 a 3), dependendo do benefício ou impacto ocorrido e sua importância na tomada de decisão.

Todas as características foram valoradas baseadas em valores médios coletados. Por exemplo, quanto ao custo total do empreendimento, verificou-se que as usinas térmicas apresentam custo inferior a 1.000 US\$/kWh, recebendo valoração máxima ($3 \times 10 = 30$) enquanto que nas hidrelétricas a valoração varia de 12 a 30 pontos (dependendo da escala).

Apesar de valores típicos serem usados, há a necessidade de levar em conta a potência das usinas consideradas. Por exemplo, a área utilizada por uma pequena central hidrelétrica é muito menor que a utilizada por uma grande central hidrelétrica, induzindo ao erro a utilização de uma “área média inundada”. Portanto, três faixas de potência foram adotadas: pequenas (até 10 MW), médias (entre 10 e 100 MW) e grandes usinas (maior que 100 MW). Para características comuns às três faixas de potência, como é o caso da emissão de poluentes, um único valor é atribuído, sendo representativo de todas as faixas de potência consideradas.

Pela Tabela 1 podemos verificar a valoração atribuída a cada característica, e sua implicação com cada uma das quatro áreas estudadas.

Forma de Interpretação

Busca-se, com a tabela 1, a visualização da quantidade de fatores favoráveis e desfavoráveis de cada alternativa energética. Esta forma de análise ilustra qual o peso de cada impacto ou benefício dos empreendimentos em questão.

Resultados da Valoração

Os resultados são obtidos de duas forma:

- Soma total dos itens considerados por faixa de potência de forma normalizada, considerando as quatro áreas analisadas com o mesmo peso, onde se pretende verificar a influência da quantidade de energia gerada indicando o melhor recurso em uma condição particular (vide Tabela 2).
- Análise da quantidade de valorações altas e baixas atribuídas a cada um dos aproveitamentos considerados (vide Figuras 1, 2 e 3).

Tabela 1. Comparação entre os dois recursos

ÁREAS	Fator considerado	Níveis de valoração relativa					FIR	Termoelétrica a GN (valoração = FIR)	Hidroelétrica (valoração = FIR)
		2	4	6	8	10			
		Bem	Satisfatório	Indiferente	Satisfatório	Bem			
A	Emissão de Poluentes	Emissão de CO ₂ em grande escala	Baixa emissão de CO ₂	---	---	Não se relaciona ao poluente	2	2*2=4	10*2=20
	Natureza do Combustível	Não renovável	---	---	---	Renovável	3	2*3=6	10*3=30
B	Área ocupada pelas usinas(m ²)	A>200.000	A<200.000	---	---	A<100.000	2	P→ 10*2=20 M→ 10*2=20 G→ 10*2=20	P→ 4*2=8 M→ 2*2=4 G→ 2*2=4
I	Tipo de área ocupada pelas usinas	Florestas, belezas naturais e áreas indígenas	Áreas naturais e áreas agropecuárias	---	---	Áreas povoadas	2	P→ 8*2=16 M→ 8*2=16 G→ 8*2=16	P→ 8*2=16 M→ 4*2=8 G→ 2*2=4
	Influência na fauna	Impede reprodução	Dificulta reprodução	---	---	Não afeta a reprodução	2	P→ 10*2=20 M→ 10*2=20 G→ 10*2=20	P→ 4*2=8 M→ 2*2=4 G→ 2*2=4
N	Alterações na água da região	Aumento de temperatura	Aumento da acidez	---	---	Não afeta a água	1	P→ 2*2=4 M→ 2*2=4 G→ 2*2=4	P→ 10*2=20 M→ 4*2=8 G→ 2*2=4
	Impacto do sistema de transmissão	Desmata-mento e atração de novos moradores	---	---	---	Construção de gasoduto subterrâneo	1	P→ 8*1=8 M→ 2*1=2 G→ 2*1=2	P→ 10*1=10 M→ 2*1=2 G→ 2*1=2
S	Pessoas deslocadas/MW (H=habitantes)	H > 6	2 < H < 6	0 < H < 2	---	H = 0	2	P→ 10*2=20 M→ 10*2=20 G→ 10*2=20	P→ 4*2=8 M→ 4*2=8 G→ 2*2=4
	Possibilidade de irrigação	---	---	Não possibilita irrigação	---	Possibilita irrigação	1	6*1=6	10*1=10
C	Controle de vazões evitando secas e inundações	---	---	Não controla a vazão	---	Controla a vazão	1	6*1=6	10*1=10
	Navegação	---	---	Não permite hidrovias	---	Permite hidrovias	1	6*1=6	10*1=10
L	Desenvolvimento local	Energia não utilizada no local	---	---	---	Energia gera desenvolvimento	2	P→ 10*2=20 M→ 10*2=20 G→ 10*2=20	P→ 10*2=20 M→ 2*2=4 G→ 2*2=4
	Tempo de Construção (T=anos)	T > 5	3 < T < 5	---	---	T < 2	3	P→ 10*3=30 M→ 8*3=24 G→ 8*3=24	P→ 4*3=12 M→ 4*3=12 G→ 2*3=6
C	Custo total do empreendimento (C=US\$/kW instal.)	---	C > 1600	---	---	1000<C<1600	3	P→ 10*3=30 M→ 10*3=30 G→ 10*3=30	P→ 4*3=12 M→ 8*3=24 G→ 10*3=30
	Custo da energia gerada (Cen= US\$/MWh)	Cen > 50	40 < Cen < 50	---	---	30 < Cen < 40	3	P→ 2*3=6 M→ 2*3=6 G→ 4*3=12	P→ 4*3=12 M→ 8*3=24 G→ 10*3=30
O	Prazo de retorno do investimento (Tre=anos)	Tre > 20	---	---	---	10 < Tre < 20	2	P→ 10*2=20 M→ 10*2=20 G→ 10*2=20	P→ 8*2=16 M→ 2*2=4 G→ 2*2=4
	Domínio da tecnologia necessária	Baixa experiência em operação	---	---	---	Grande experiência em operação	2	2*2=4	10*2=20
C	Disponibilidade de combustível	A longo prazo	A médio prazo	---	---	Imediato	1	P→ 10*1=10 M→ 8*1=8 G→ 2*1=2	P→ 10*1=10 M→ 10*1=10 G→ 10*1=10
	Eficiência do processo	Ciclo simples (térmicas)	Ciclo combinado (térmicas)	---	---	Geradores hidráulicos	2	P→ 2*2=4 M→ 4*2=8 G→ 4*2=8	P→ 10*2=20 M→ 10*2=20 G→ 10*2=20
M	Distância da usina ao centro de carga (D=Km)	D > 500	100 < D < 500	---	---	100 < D < 100	3	P→ 10*2=20 M→ 8*2=16 G→ 8*2=16	P→ 8*2=16 M→ 4*2=8 G→ 2*2=4
	Necessidade de Subestações elevadoras e abaixadoras de tensão	---	São necessárias	---	---	Não são necessárias	1	P→ 10*1=10 M→ 10*1=10 G→ 4*1=4	P→ 10*1=10 M→ 4*1=4 G→ 4*1=4
A	Obrigações contratuais com o combustível	Contratos take or pay	---	---	---	Sem obrigações contratuais	3	2*3=6	10*3=30

Tabela 1. Comparação entre os dois recursos – CONTINUAÇÃO

A R E A S	Fator considerado	Níveis de valoração relativa					FIR	Termelétrica a GN (valoração * FIR)	Hidrelétrica (valoração * FIR)
		2 Muito	4 Insatisfatório	6 Indiferente	8 Satisfatório	10 Bom			
P O T Ê N C I A	Investimento atual em geração	---	Baixas perspectivas de investimento	Investimentos preferencialm. Privados	Término de usinas / parcerias com setor privado	Grandes perspectivas de investimento	3	P → 6*3=18 M → 6*3=18 G → 10*3=30	P → 8*3=24 M → 8*3=24 G → 8*3=24
	Período de construção efetivo	---	Fora do tempo técnico	---	Dentro do tempo técnico	---	2	P → 8*2=16 M → 8*2=16 G → 8*2=16	P → 4*2=8 M → 4*2=8 G → 4*2=8
C O N D I C I O N A S	Disponibilidade estratégica do combustível	Na maioria dos casos é importado	---	---	---	Combustível ocasional abundante	3	2*3=6	10*3=30

Discussão dos Resultados

Apesar de pontuações já terem sido definidas, simplesmente somá-las para obter um valor total para a comparação não é o procedimento mais adequado, pois a área política, por exemplo, que possui somente três fatores considerados, teria um peso muito inferior à área técnica-econômica, onde dez itens foram levados em conta. Há a necessidade de transformar todos os valores obtidos em uma mesma base, de modo a poder fazer a comparação considerando os setores ambiental, social, técnico-econômico e político com o mesmo peso. Considerando as faixas de potência, temos resultados globais de forma normalizada, segundo a Tabela 2.

Tabela 2. Valoração Normalizada por Faixa de Potência

Faixa de Potência	Termelétrica	Hidrelétrica
Pequena	316	400
Média	347	369
Grande	364	358

De acordo com a análise efetuada, podemos notar que para pequenas e médias unidades geradoras, as hidrelétricas constituem a melhor opção considerando as áreas e fatores analisados. Para grandes usinas verificam-se valores bastante próximos, podendo ser considerado um empate técnico. A consideração dos custos completos mostrou que a resposta sobre o melhor recurso de geração não é imediata.

Quando analisamos por faixa de potência, verificando os níveis de valoração atribuídos a cada usina, pode-se ter uma idéia da quantidade de aspectos positivos e negativos presentes em cada alternativa.

Pode-se observar pelas figuras 2 e 3 que as hidrelétricas apresentam maior número de aspectos considerados "bom". No caso das grandes usinas (figura 1) também pode ser feito o desempate devido à visualização do maior número de aspectos considerados "bom", indicando novamente as hidrelétricas como a melhor opção.

Figura 1. Ocorrência dos Níveis de Valoração para Grandes Usinas

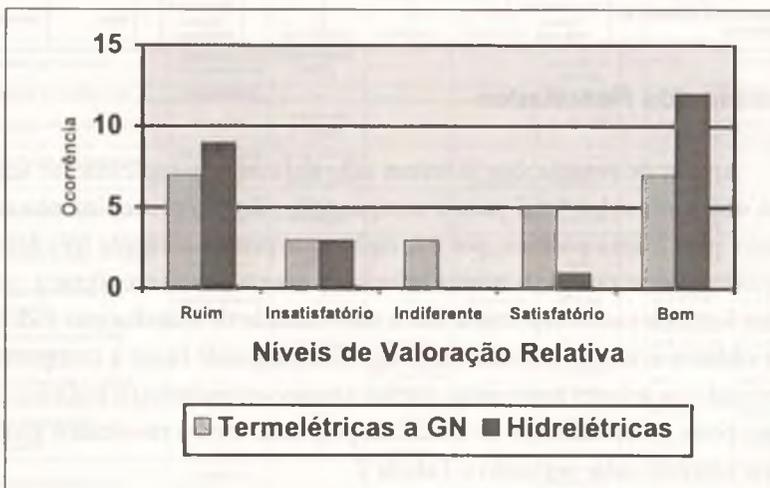


Figura 2. Ocorrência dos Níveis de Valoração para Médias Usinas

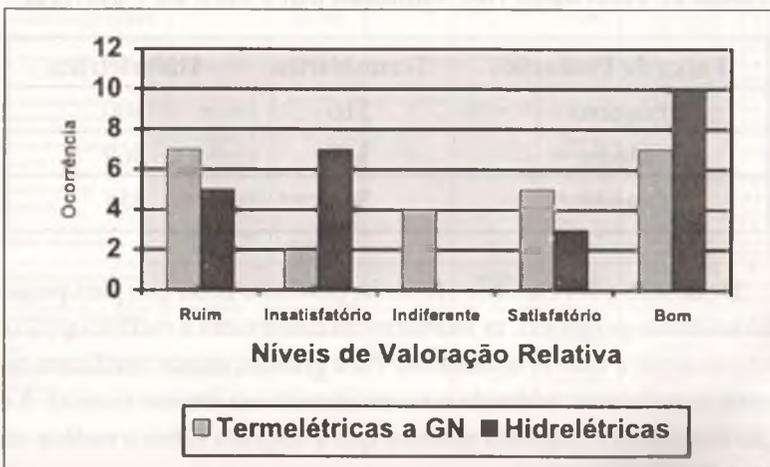
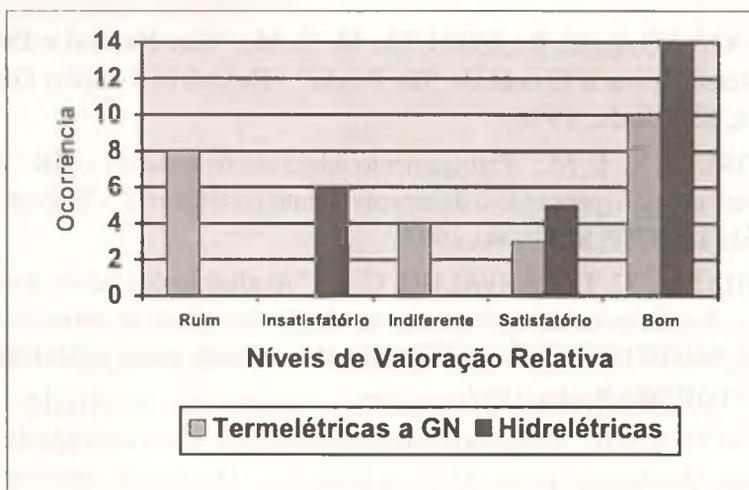


Figura 3. Ocorrência dos Níveis de Valoração para Pequenas Usinas



Considerações Finais

A comparação dos recursos pôde dar uma idéia clara de como a forma de se analisar alternativas está mudando. Com a consideração de todos os custos envolvidos (social, ambiental, político e técnico-econômico) é possível buscar soluções que atendam melhor a necessidade de todos os grupos humanos, e não somente a opção mais economicamente atrativa. Verificou-se que a potência da usina é fundamental na análise. Dependendo de sua localização geográfica, uma mesma usina pode ser considerada desaconselhável em determinado local e recomendada em outro, dependendo de sua atuação nas áreas estudadas.

Para pequenas e médias usinas, conclui-se pela análise efetuada que as melhores alternativas são as hidrelétricas. Para grandes aproveitamentos ocorre um empate técnico, com pequena vantagem para as hidrelétricas segundo análise da ocorrência de níveis de valoração.

O resultado obtido, entretanto, não isenta a outra forma de produção de energia, pois no setor elétrico não existe uma solução fechada. Esta comparação foi feita para as condições atuais, e eventuais alterações podem influir no resultado final, tal como uma súbita mudança no preço do GN no mercado internacional.

Referências

- [1] GALVÃO, L. C. R.; UDAETA, M. E. M.; “Gás Natural e Energia Elétrica para o Estado de São Paulo” - Relatório Técnico GEPEA P5, São Paulo, 1998
- [2] UDAETA, M. E. M.; “Planejamento integrado de recursos - PIR - para o setor elétrico (pensando o desenvolvimento sustentável)” - Tese apresentada à EPUSP, São Paulo, 1997.
- [3] CHIAN, C. C. T.; CARVALHO, C. E.; “Avaliação dos custos completos dos recursos energéticos na produção integrada de termofosfatos no Médio Paranapanema” - Trabalho de formatura apresentada à EPUSP, São Paulo, 1997.
- [4] FUSCO, S. S. B.; “Pequenas centrais hidrelétricas e uso múltiplo da água: uma abordagem através de casos práticos” - Dissertação apresentada à EPUSP, São Paulo, 1997.
- [5] ELETROBRAS; Ministério das Minas e Energia; “Plano Nacional de Energia Elétrica 1993/2015 - Plano 2015 - Estudos Básicos”, Rio de Janeiro, Volumes II, III, IV e V, Abril, 1994.