

ANÁLISE DA RENTABILIDADE ECONÓMICA DE
PCH

LISBOA, 1988

MARIA MANUELA PORTELA

ANÁLISE DA RENTABILIDADE DE PCH

1 - Introdução. Âmbito do Trabalho.....	1
2 - Fluxos Monetários.....	3
2.1 - Introdução.....	3
2.2 - Custos de Investimento.....	3
2.3 - Custos de Exploração.....	5
2.4 - Custos de Reposição.....	6
2.5 - Receitas.....	7
3 - Análise Económica.....	11
3.1 - Tempo de Análise.....	11
3.2 - Noção de Actualização.....	12
3.3- Indicadores Económicos.....	15
3.3.1- Introdução.....	15
3.3.2 - Valor Actualizado Líquido, VAL.....	15
3.3.3 - Índice Benefício/Custo, B/C.....	16
3.3.4 - Taxa Interna de Rentabilidade, TIR.....	16
3.3.5 - Custo médio do kWh produzido, ckWh.....	17
4 - Análise de Sensibilidade.....	19
4.1 - Introdução.....	19
4.2 - Variáveis Exteriores ao Empreendimento.....	19
4.3 - Variáveis do Próprio Empreendimento.....	20

1 - Introdução. Âmbito do Trabalho

A análise da viabilidade da produção hidroeléctrica a fio-de-água em pequenas centrais pode ser encarada do ponto de vista do seu interesse, quer para a economia nacional, quer para a entidade exploradora, nomeadamente, para o proprietário da central ou centrais em causa.

O primeiro dos âmbitos referidos corresponde à análise social de custos-benefícios através da qual se pretende avaliar o interesse do empreendimento em termos sociais, ou seja, em termos da riqueza gerada e da sua distribuição na comunidade a cujo serviço se destina.

Trata-se de um domínio com uma especificidade e problemática próprias, o que conduziu à sua não inclusão na presente análise.

Refira-se que o contributo hidroeléctrico em pequenos aproveitamentos é, normalmente, irrisório em face da produtividade do país. Contudo, o que importa é que a potencialidade de substituição, com vantagem, da produção em inúmeras e potenciais pequenas centrais hidroeléctricas seja explorada até ao seu limite, por forma a que resulte significativa a redução da componente térmica do sistema electroprodutor nacional.

Este aspecto é tanto mais relevante, quanto Portugal é um país com carência de combustíveis sólidos, líquidos e mesmo nucleares, tornando a sua economia vulnerável, tanto em relação à segurança do abastecimento, como em matéria dos preços da energia.

Dentro deste contexto, de entre as soluções alternativas de um mesmo aproveitamento (qualquer delas socialmente válida, embora com indicadores económicos eventualmente distintos) deve-se privilegiar as que conduzam a produzir hidroeléctricamente a máxima quantidade de energia de substituição e a reduzir, concomitantemente, a componente térmica da produção nacional de energia eléctrica.

Do ponto de vista da entidade empresarial, pública ou privada, produtora de energia hidroeléctrica, a situação é bastante distinta da anterior, importando otimizar em termos absolutos os indicadores económicos que caracterizam a exploração.

Será neste domínio, restringido à entidade empresarial privada, que se desenvolverá a presente análise.

O estudo de pequenas centrais hidroeléctricas, PCH, visa, como qualquer outro projecto, a satisfação de um determinado objectivo.

Corresponde, normalmente, a uma das muitas formas de concretizar um objectivo mais vasto que, naturalmente, poderá ser atingido através de vias alternativas, muitas vezes concorrentes entre si ou, mesmo, mutuamente exclusivas.

Deste aspecto resulta a necessidade natural de avaliar em que medida o estudo em causa contribui ou não para a satisfação do objectivo pretendido, o que assenta quer na definição de projectos alternativos quer na sua comparação, através de uma base comum e de acordo com parâmetros a que seja sensível a entidade empresarial decisora.

Obviamente que o estudo de pequenas centrais hidroeléctricas pode ser efectuado a diferentes níveis, que vão desde a identificação de um local com previsíveis potencialidades hidroeléctricas, até à fase final de execução do correspondente projecto, propriamente dito.

A análise de viabilidade, não só técnica como económica, de um aproveitamento hidroeléctrico deve ser realizada, embora com diferentes desenvolvimentos, desde uma fase bastante precoce do estudo, pois é ela que fundamenta:

- a executabilidade do aproveitamento, em termos das várias soluções técnicas alternativas que podem concretizar a exploração hidroeléctrica;
- a análise comparativa das diferentes soluções identificadas, por forma a otimizar a exploração hidroeléctrica.

Não se insere no âmbito da presente análise a problemática dos aspectos de natureza técnica, admitindo-se estarem totalmente definidas a generalidade das obras e dos parâmetros hidrológico-energéticos que caracterizam uma dada pequena central hidroeléctrica.

2 - Fluxos Monetários

2.1 - Introdução

Os fluxos monetários de base necessários à análise da viabilidade económica de uma pequena central hidroeléctrica, referem-se aos custos de investimento, aos de exploração (operação, manutenção e peças da reserva), aos de reposição e às receitas.

Em qualquer dos casos é necessário, numa primeira fase, descrever e, numa segunda fase, escalonar temporalmente o fluxo em causa, para o que se deve adoptar uma pormenorização compatível com o nível em que os estudos se inserem. É fundamental, qualquer que seja a pormenorização adoptada, assegurar a fiabilidade dos custos alcançados, sob pena de se comprometerem os resultados de análise de viabilidade.

Na avaliação dos fluxos monetários usa-se um sistema de preços de mercados, constantes e referidos a um ano determinado (ano da estimativa em causa).

O facto de se usarem fluxos monetários referidos a preços de mercado constantes permite obviar a consideração da inflação, cuja variabilidade ao longo do período de análise a que se refere a avaliação da rentabilidade do empreendimento é imprevisível.

A adopção de um sistema de preços de mercado constantes corresponde, portanto, a admitir que a inflação afectará igualmente os fluxos monetários em jogo. Como eventual excepção, referir-se-á oportunamente o caso das receitas com a venda da energia hidroeléctrica.

2.2 - Custos de Investimento

No âmbito de PCH, os custos de investimento referem-se a encargos pontuais no tempo, isto é, encargos que ocorrem num período de tempo restricto, relativo à implantação do aproveitamento e de cuja realização este último vai beneficiar durante todo o seu período de vida útil.

Em PCH o intervalo de tempo da ocorrência dos investimentos é da ordem de 1 a 2 anos ou, mais excepcionalmente, de 3 anos, correspondendo

à elaboração dos estudos (desde a sua fase preliminar até ao projecto) e à execução das obras.

A determinação dos custos de investimento, referidos a um dado ano e relativos à execução de uma pequena central hidroeléctrica, assenta em metodologias diferentes, determinadas pelo nível em que se inserem os correspondentes estudos. Exemplicando para uma dada componente do sistema, como seja a obra de retenção ou a central hidroeléctrica, pode-se adoptar um preço composto relativo à sua execução global e obtido a partir de obras similares recentemente adjudicadas ou construídas ou, contrariamente estabelecerem-se preços unitários para cada um dos diferentes trabalhos que integram a referida componente (escavações, terras, betões, aços, cofragens, impermeabilizações, equipamentos, etc), com especificação das respectivas quantidades de trabalho e, finalmente, por acumulação dos custos parcelares assim obtidos, determinação do custo da componente em jogo.

A concretização da análise económica propriamente dita assenta no escalonamento temporal dos anteriores investimentos, tendo em conta a precedência das obras necessárias à construção de cada uma das componentes do sistema, bem como os volumes de trabalho em jogo.

Se os estudos e projectos têm de anteceder, necessariamente, a execução das obras, correspondendo, normalmente, aos custos de investimento primeiramente efectuados, já o escalonamento dos restantes custos é fortemente dependente das características e dimensão das obras.

Genericamente, para o período mais usual de aplicação dos capitais de investimento em PCH de 2 anos, pode-se considerar que os investimentos ocorrentes no primeiro ano se referem:

- à elaboração de estudos e projectos;
- à expropriação de terrenos;
- à aquisição de parte ou da totalidade do equipamento se a sua encomenda exigir um pré-pagamento ou sinalização;
- à montagem do estaleiro e preparação dos acessos.

Para um sistema de preços de mercado constantes, se se adoptar um modelo simplificado em que o ano 0 corresponde ao de entrada em exploração da central, ocorrendo a totalidade dos investimentos nos anos precedentes (por hipótese, nos dois anos precedentes, ou seja, anos -2 e -1), a situação mais vantajosa do ponto de vista da análise económica corresponde à concentração da ocorrência do maior investimento possível

no ano imediatamente anterior ao zero (os investimentos devem ocorrer o mais tarde possível, isto é, devem ser diferidos no tempo, com oportunamente se verificará).

Qualquer projecto de investimento requiere, para a sua concretização, a aplicação de capitais, próprios do empreendedor ou alheios e, neste último caso, financiados a fundo perdido ou em condições específicas de taxa de juro e prazo de amortização. Consoante estas últimas condições (taxa de juro e prazo de amortização) é necessário determinar qual o montante de capital de que o empreendedor se deverá dotar, por forma a que os fluxos monetários gerados pelo projecto, isto é, as receitas, possam liquidar as dívidas contraídas no prazo de amortização previsto (este último inferior ao período de recuperação de capital), à taxa de juro fixada.

Problemáticas do género da anteriormente referida, por se inserirem no âmbito específico da estrutura financeira dos investimentos, não serão agora abordadas.

Deste modo, admitir-se-á que caberá à entidade empresarial assegurar a efectivação dos investimentos, de acordo com os custos totais de investimento previstos para a execução da PCH.

2.3 - Custos de Exploração

Contrariamente aos custos de investimento, os custos de exploração referem-se a encargos anuais ocorrentes durante todo o período de vida estimado para a obra.

Nos custos de exploração incluem-se, normalmente, três parcelas distintas, nomeadamente:

- custos de operação, referentes ao encargo anual com o pessoal que promove a exploração da central. Dado que, hoje em dia, é possível considerar a automação da exploração da PCH - que funcionará, portanto, em regime dito "em abandonado", dispensando a presença permanente de um operador - a parcela em questão resulta, normalmente, diminuta.

Sendo possível considerar-se que as funções de exploração da central podem ser acumuladas com o exercício de outras funções (sistema de aviso instalado numa fábrica,

numa autarquia local, numa instalação agro-pecuária, etc.), é usual admitir-se que os encargos de operação são equivalentes a cerca de 1/4 a 1/2 do salário médio de um técnico;

- custos anuais de manutenção das obras e dos equipamentos, normalmente avaliados em termos de valores percentuais dos custos de investimento de construção civil e dos equipamentos.

Como ordem de grandeza, indicam-se as seguintes percentagens, a aplicar aos correspondentes custos de investimento:

obras de construção civil:	0,25% a 0,5%
equipamento eléctrico:	2% a 2,5%
equipamento mecânico:	1,5%

- custos das peças de reserva, função das características e diversidade dos equipamentos. Devem ser determinados de acordo com as indicações fornecidas pelos fabricantes, podendo ser expressos em termos de custos anuais, ou de custos com uma dada periodicidade, correspondentes, neste último caso, à aquisição de stocks de reserva.

2.4 - Custos de Reposição

Se o tempo de vida útil previsto para a PCH exceder o período homólogo de qualquer uma das suas componentes, será necessário prever verbas monetárias correspondentes à reposição dessa mesma componente. Em PCH, este aspecto só é relevante no respeitante, quanto muito, aos equipamentos renováveis.

Em termos da análise de viabilidade económica é, contudo, usual adoptar-se um período de análise correspondente ao tempo de vida útil dos equipamentos renováveis (normalmente estimado, em 25 anos, ou seja, metade do período relativo às obras de construção civil), pelo que, na generalidade dos casos, a parcela de custos em questão não é considerada.

2.5 - Receitas

Na óptica empresarial, a produção hidroeléctrica em PCH efectuar-se-á em regime da produção independente, ao abrigo de legislação governamental, incluída em decreto-lei em fase de ultimação.

De acordo com o mesmo e salvo situações específicas em que a entidade produtora pode proceder à distribuição, em rede própria e para consumo público, da energia produzida, esta última será vendida à entidade explorada da rede pública receptora (EDP).

Em termos reais, a facturação da energia fornecida pelo produtor independente será feita mensalmente por este último .

A nível dos estudos de viabilidade da PCH, na estimativa da receita com a venda da energia adoptam-se, normalmente, condições definidas a partir da situação anual média em que ocorre a produção hidroeléctrica.

As receitas com a venda da energia serão compostas de duas taxas, uma de energia e outra de potência.

Tendo em conta uma distribuição média da energia produzida pelas horas de ponta (TEP), pelas cheias (TEC) e pelas de vazio (TEV)⁽ⁱ⁾, bem como o carácter sazonal da produção hidroeléctrica a fio- de-água (basicamente no período invernal), a taxa de energia é a da tarifa de vendas da EDP, correspondente ao nível de tensão imediatamente superior aquele em que é feita a interligação à rede nacional, com excepção do caso desta última ser em muito alta tensão (MAT), em que as referidas tarifas (incluindo a taxa de potência, TP) serão as relativas a MAT, multiplicadas por 0,9.

A taxa de potência, TP, é a relativa a 80% da taxa mensal de potência, de acordo com o sistema tarifário em vigor e para o nível da tensão imediatamente superior ao da interligação (com a excepção anteriormente referida). O valor assim obtido deverá ser afectado de um factor p' , relativo ao mínimo de dois valores de potência P1 (potência média nas horas de ponta) e P2 (potência média fora das horas de vazio) em que:

(i) - De acordo com o sistema tarifário em vigor, a distribuição semanal das horas vazias é de 70 horas por semana, não excedendo as 10 horas por dia.

$$P_1 = \frac{E_p}{T_p}$$

$$P_2 = \frac{E_p + E_c}{T_p + T_c}$$

sendo:

- . EP, a energia mensal fornecida pelo produtor nos períodos de horas de ponta (kWh);
- . Ec, a energia mensal fornecida pelo produtor nos períodos de horas cheias (kWh);
- . Tp, a duração mensal dos períodos tarifários de horas de ponta (horas);
- . Tc, a duração mensal dos períodos tarifários de horas cheias (horas).

Em face dos anteriores condicionamentos, conclui-se que não existe vantagem na produção hidroeléctrica fora do período de horas de ponta e cheias: se a utilização diária da potência exceder as 14 horas (de ponta e cheias), o factor p' reduz-se, com um valor mínimo para o funcionamento contínuo (24 horas) da central.

Assim, tendo em conta a taxa de potência e a distribuição média diária das horas de ponta, vazias e cheias conclui-se que a solução mais adequada para a exploração de centrais em regime de produção independente conduz à concentração diária dos turbinamentos num período diário não superior a 14 horas, o que, em termos de dimensionamento da obra, pressupõe a fixação de uma capacidade de regularização, diária ou mesmo semanal.

Comparativamente à concentração da produção num período diário (fora das horas de vazio) de 14 horas, a redução do referido período (ocupando, sempre e contudo, horas que não de vazio) não acarreta qualquer benefício (aumento) na taxa de potência a que é valorizada a energia produzida.

Em termos da taxa de energia, apenas no caso da produção hidroeléctrica com interligação em baixa tensão, isto é até 1 kV (e facturação para as tarifas de média tensão) existe diferença entre as tarifas relativas à energia produzida nas horas de ponta e nas cheias sendo as primeiras superiores. Assim e através da concentração da produção hidroeléctrica nos períodos de ponta é possível aumentar a taxa de energia e, concomitantemente, o valor das receitas. Tal concentração implica,

como contrapartida e em relação a um período maior de turbinagem, a existência duma maior capacidade de regularização na albufeira e/ou eventualmente um aumento do caudal de dimensionamento da instalação e, portanto, do correspondente custo.

Na situação, quer mais comum, de interligação da PCH em média tensão (de 1 kv a 60 kv), quer nos níveis de tensão superior (alta tensão: 60 kv; muito alta tensão: acima de 60 kv), dado que as tarifas de energia nas horas de ponta e cheias são iguais, não existe qualquer vantagem em concentrar a turbinagem dos caudais num período inferior ao máximo de 14 horas que assegura, em termos médios, o valor limite superior para a taxa da potência.

Conclui-se, assim, que a solução mais adequada para a exploração de uma PCH, quer a nível de dimensionamento da generalidade das obras, quer da valorização da energia produzida, corresponde, em média, à concentração da produção hidroeléctrica diária em 14 horas.

A factura total da energia fornecida pelo produtor será acrescida de um adicional, que será encargo do Estado, igual ao eventual subsídio de fuelóleo atribuído às centrais que alimentam a rede pública. Para o efeito, será admitido que cada quilowatt-hora corresponde a 300g de fuelóleo utilizado nas centrais térmicas.

3 - Análise Económica

3.1 - Tempo de Análise

Uma vez definidos e escalonados temporalmente os fluxos monetários, é necessário especificar o período de tempo a que se refere a análise da rentabilidade da exploração.

Em PCH considere-se, como referido, que uma vez efectuados os investimentos, o tempo de análise é de 25 anos, correspondendo ao período de vida dos equipamentos renováveis. Recorde-se que este último período está relacionado quer com a previsão da vida física desses mesmos equipamentos quer com a obsolescência da sua utilização.

Na análise que se desenvolverá, admitir-se-á:

- para o ano de início de exploração o ano 0, completando-se o período de análise no ano n, geralmente com $n = 24$ (total de 25 anos);
- que a ocorrência dos custos de investimento se verificará nos m anos, vulgarmente em número de dois, que antecedem o início da exploração (usualmente, nos anos -2 e -1). A designação adoptada para estes custos, referidos a preços de mercado constantes, foi:

$$I_i \quad \text{com } i = 1, m$$

- a existência de receitas anuais de exploração durante o intervalo de tempo entre os anos 0 e n e designadas, a preços de mercado constantes, por:

$$R_i \quad \text{com } i = 1, n$$

- a existência de encargos anuais de exploração em condições idênticas às receitas, e referenciados por:

$$C_i \quad \text{com } i = 1, n$$

- a não existência, a menos de situações específicas que deverão ser identificadas e justificadas caso a caso, de custos de reposição;
- que a ocorrência da generalidade dos custos ou receitas se verifica no fim do ano a que se referem;

- de acordo com as noções oportunamente apresentadas, a actualização dos fluxos monetários, expressos a preços de mercado constantes relativos a uma data específica), será concretizada para início do ano de entrada em exploração, ou seja, para o início do ano 0.

3.2 - Noção de Actualização

Neste item, apresentam-se os critérios de avaliação da rentabilidade de uma PCH que assentam em métodos da actualização, isto é, que consideram o factor tempo, implicando a introdução da noção de actualização.

Na análise económica de uma PCH é necessário trabalhar com custos e receitas que, em relação ao início da sua entrada em exploração, podem representar fluxos, passados, presentes ou futuros, e, portanto, não directamente comparáveis entre si.

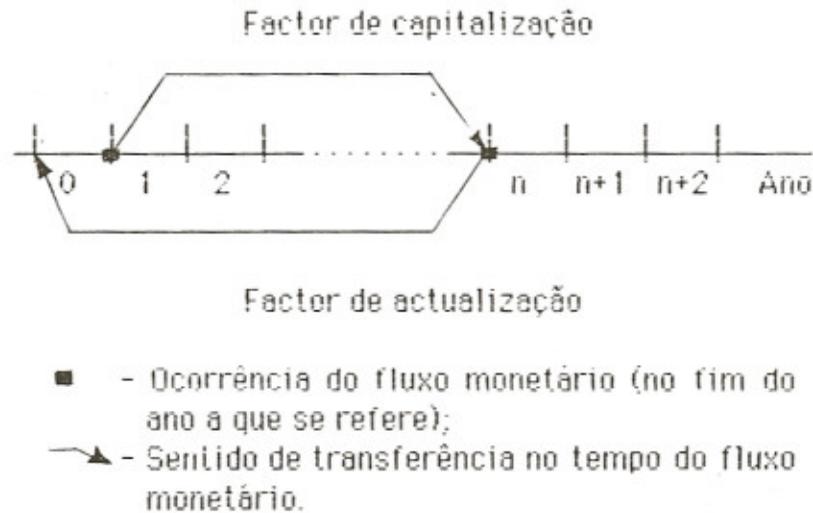
Paralelamente, sabe-se que a transferência no tempo da disponibilidade de um dado bem tem a característica de uma troca entre dois bem diferentes e que a taxa dessa troca - a taxa de actualização anual, t , prevalecente num certo momento - desempenha o papel de uma relação de preço.

Assim, para um sistema de preços de mercado constantes, uma unidade monetária hoje, será trocada por $(1+t)^n$ unidades monetárias daqui a n anos, da mesma maneira que uma unidade monetária daqui a n anos é equivalente a $1/(1+t)^n$ unidades monetárias de hoje. Os factores $(1+t)^n$ e $1/(1+t)^n$ representam, respectivamente (Figura 1):

- o factor de capitalização, à taxa t , para o termo do período inicial de um só montante disponível no fim do período de n anos;
- o factor de actualização, à taxa t e para o começo do período inicial de um só montante disponível no fim do período de n anos.

Figura 1

Fluxos monetários. Factores de capitalização e de actualização.



Em anexo apresentam-se tabelas dos anteriores factores, em função do período de análise e do valor da taxa de actualização.

Análogamente, se se tiver uma sequência de fluxos monetários, F_i , ocorrentes entre os anos $-m$ e n (no fim do ano a que se referem):

$$F_{-m}, F_{-m+1}, \dots, F_{-1}, F_0, F_1, \dots, F_n$$

e se se pretender resumir a referida série a um só valor, F , relativo ao início do ano 0 - valor acumulado capitalizado e actualizado para o início do ano 0 - ter-se-á:

$$F = F_{-m} \times (1+t)^{(m-1)} + F_{-m+1} \times (1+t)^{(m-2)} + \dots + F_{-2} \times (1+t) + F_{-1} + \frac{F_0}{1+t} + \frac{F_1}{(1+t)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+t)^{(n+1)}}$$

$$F = \sum_{i=1}^m F_{-i} \times (1+t)^{(i-1)} + \sum_{j=0}^n F_j \times \frac{1}{(1+t)^{(j+1)}}$$

Se os fluxos monetários forem todos iguais entre si e iguais a uma anuidade, A , tem-se:

$$F = A \times \left[\frac{(1+t)^m - 1}{t} + \frac{(1+t)^{(n+1)} - 1}{t (1+t)^{(n+1)}} \right]$$

em que:

$\frac{(1+t)^{(m-1)}}{t}$, é o factor de capitalização para o termo do período de n anos de uma série uniforme de aplicações periódicas (anuidades) à taxa t ;

$\frac{(1+t)^{(n+1)} - 1}{t(1+t)^{(n+1)}}$, é o factor de actualização à taxa t para o começo do período de $(n+1)$ anos de uma série uniforme de montantes de fim do período (anuidades). O seu inverso designa-se por factor de recuperação, f , permitindo, a partir do valor acumulado actualizado para o começo do período do fluxo monetário, obter a correspondente anuidade.

Em anexo apresentam-se, também, tabelas dos anteriores factores, em função do período de análise e do valor da taxa de actualização.

É importante realçar que a taxa de actualização não é mais que uma taxa que permite calcular o valor que se atribui num dado instante - em PCH, no início do ano de entrada em exploração ou seja, ano 0 - a fluxos monetários ocorrentes em instantes diferentes. A fixação do valor dessa taxa reflecte a escolha entre consumir hoje ou no futuro e deverá ter em consideração a taxa de juro do mercado e o factor de risco inerente à exploração hidroelétrica através de uma pequena central.

Em PCH é usual a adopção de valores de taxa de actualização compreendidos entre 8% e 12%, respeitando, estes últimos, às situações com maior risco.

3.3- Indicadores Económicos

3.3.1 - Introdução

No âmbito dos critérios de rentabilidade económica com interesse na avaliação de PCH e que assentam em métodos de actualização, considerando, portanto, o factor tempo, referem-se, seguidamente:

- o valor actualizado líquido, VAL ;
- o índice benéfico/custo, B/C ;
- a taxa interna de rentabilidade, TIR ;
- o custo médio do kwh produzido, ckwh .

3.3.2 - Valor Actualizado Líquido, VAL

Designem-se por R, C e I os valores acumulados actualizados à taxa de t para o início do ano 0 (ano da entrada em exploração da PCH) respectivamente, das receitas anuais com a venda da energia, dos encargos anuais de exploração e dos investimentos, ou seja:

$$\sum_{i=0}^n \frac{R_i}{(1+t)^i}$$

$$\sum_{i=0}^n \frac{C_i}{(1+t)^i}$$

$$\sum_{i=0}^m \frac{I_i}{(1+t)^i}$$

Nestas circunstâncias, o valor actualizado líquido, VAL, define-se como sendo:

$$VAL = R - C - I$$

De acordo com este indicador económico, a decisão de investir é favorável se o seu valor for positivo. No caso da escolha recair sobre projectos com níveis de investimento semelhantes, será de preferir o que tiver maior VAL.

3.3.3 - Índice Benefício/Custo, B/C

Tendo R, C e I significado explicitado, o índice benefício custo, B/C, define-se através de:

$$\frac{B}{C} = \frac{R - C}{I}$$

Este indicador económico refere o valor presente de toda a riqueza gerada pelo empreendimento por unidade de recursos utilizados.

De acordo com este índice, a decisão de investir é favorável, se o seu valor for superior à unidade, sendo tanto mais vantajoso o investimento quanto maior o valor de B/C.

3.3.4 - Taxa Interna de Rentabilidade, TIR

Designa-se por taxa interna de rentabilidade, TIR, a taxa de actualização tal que o valor actualizado líquido do projecto se torna nulo ou, o que é equivalente, tal que o índice benefício/custo se torna unitário.

Para o cálculo deste indicador económico é necessário definir anualmente o valor do "Cash-Flow", isto é, o valor anual da receita deduzida dos encargos. De acordo com o escalonamento temporal e designação dos fluxos monetários, para o "Cash-Flow" obter-se-á uma sequência do tipo:

$\left. \begin{array}{l} - I_{-m} \\ - I_{-m+1} \\ \vdots \\ - I_{-1} \end{array} \right\}$	<p>Período de ocorrência dos investimentos - "Cash-Flow" com valores negativos.</p>
---	---

$\left. \begin{array}{l} R_0 - C_0 \\ R_1 - C_1 \\ \vdots \\ R_n - C_n \end{array} \right\}$	<p>Início da exploração hidroeléctrica - "Cash-Flow" com valores positivos.</p>
--	---

O valor da TIR será, então, tal que:

$$\sum_{i=1}^m I_{-i} \times (1+TIR)^i + \sum_{j=0}^n (R_j - C_j) \times \frac{1}{(1+TIR)^j}$$

A taxa interna da rentabilidade, TIR, e o valor actualizado líquido, VAL, são critérios complementares.

Um projecto terá tanto maior VAL quanto mais baixa for a taxa de actualização utilizada e será tanto mais justificável quanto maior, comparativamente ao valor adoptado para a taxa de actualização, for a sua TIR.

3.3.5 - Custo médio do kWh produzido, ckWh

Tendo C e I o significado apresentado, o custo médio do kWh produzido, ckWh, obtém-se através de:

$$ckWh = \frac{f \times (C + I)}{PAM}$$

em que

$$1/f = \frac{(1+t)^{(n+1)} \times t}{(1+t)^{(n+1)} - 1} \text{ em que } f \text{ é o factor de recuperação}$$

PAM, é a produção anual média da energia eléctrica da central.

O empreendimento será viável se o custo médio de produção do kWh resultar inferior ao valor unitário estimado para a receita com a venda da energia, sendo tanto mais rentável quanto menor for aquele primeiro custo.

4 - Análise de Sensibilidade

4.1 - Introdução

Pelo facto da análise da rentabilidade de uma PCH implicar o equacionamento no presente de aspectos respeitantes a um futuro, que não próximo, introduz uma componente de incerteza ou risco nos estudos.

Em função das características de incerteza associadas a cada projecto, assim se devem estabelecer critérios adequados ao seu tratamento. De entre estes critérios, o mais utilizado em projectos de PCH é o da análise de sensibilidade.

Com a análise de sensibilidade pretende-se avaliar o comportamento do empreendimento em relação a determinadas variáveis exteriores e, na maioria dos casos, de impossível controle, e/ou a diversas incertezas sobre as variáveis do próprio empreendimento, como sejam os seus fluxos monetários.

É importante não só verificar as hipotéticas situações de ruptura para as quais o projecto se torna desinteressante, como também avaliar qual a previsível variação dos indicadores económicos numa gama diversa de situações possíveis, favoráveis ou desfavoráveis ao empreendimento, embora, neste último caso eventualmente não comprometendo a sua viabilidade. Pretende-se, deste modo, que o agente decisor - a entidade empresarial - possa fundamentar as suas expectativas e estruturar as suas acções perante dadas ocorrências.

A apresentação dos resultados da análise de sensibilidade faz-se, usualmente e para facilidade de leitura, sob a forma de matriz, contendo os diversos parâmetros considerados, as respectivas variações e os resultados obtidos, em cada situação (definida por um dado conjunto de parâmetros), para os indicadores económicos.

4.2 - Variáveis Exteriores ao Empreendimento.

Incluída nas variáveis exteriores à PCH a que é usualmente tratada a nível de análise de sensibilidade refere-se à taxa de actualização.

De entre uma gama de possíveis valores da taxa de actualização, deve-se proceder ao cálculo dos indicadores económicos adoptados na avaliação da rentabilidade do projecto, para os valores limites do intervalo (limite inferior, correspondente a uma situação de risco mínimo e limite superior relativo a uma situação de risco máximo) bem como para uma taxa intermédia, sem ponderação quer optimista quer pessimista.

Um empreendimento de PCH é tanto mais viável quanto a sua rentabilidade é justificada, mesmo para grandes valores da taxa de actualização:

4.3 - Variáveis do Próprio Empreendimento

De entre as variáveis do próprio projecto, os fluxos monetários correspondem às que, normalmente, apresentam maiores incertezas, já que os montantes dos custos de investimento, de exploração e das receitas são valores previsionais.

Para analisar a sensibilidade do projecto a variação daqueles custos, devem-se identificar, de entre os mesmos, aqueles cuja alteração provoca maior variação sobre o "Cash-Flow" e respectiva rentabilidade ou os que comportam maior incerteza na sua determinação.

Os pontos mais sensíveis nos projectos de PCH são, normalmente:

- o valor dos investimentos e respectivo escalonamento;
- o valor das receitas anuais.

Relativamente ao investimento numa PCH a correspondente margem provável de variação é, numa primeira análise, função do nível a que foram desenvolvidos os estudos, pelo pormenor que aquele nível determina na discriminação dos trabalhos em jogo e das respectivas quantidades.

Uma outra incerteza, já de certa forma, independente do nível a que os estudos desenvolvidos reportar-se à definição precisa, e, sem dúvida, difícil, do sistema de preços do mercado a que devem ser concretizados os custos dos diferentes trabalhos.

Em termos práticos, nas fases preliminares do estudo de uma PCH que determinam a prossecução ou não do empreendimento, é usual admitir-se uma variação dos custos de investimento da ordem de +/- 10% a +/-

20%, com redefinição dos valores dos indicadores económicos em cada uma das situações resultantes.

No que respeita às receitas provenientes da venda de energia existe, por assim dizer, uma dupla incerteza, respeitante:

- à evolução do correspondente montante anual, por variação do custo do kWh produzido a uma taxa diferente da inflação;
- à sequência real dos valores anuais da produção hidroeléctrica.

Em consequência dos choques petrolíferos (1973-74 e 1979-80), registou-se um agravamento conjuntural do custo do kWh a uma taxa superior do nível de inflação. O aumento diferencial do custo do kWh relativamente à inflação designa-se, normalmente, por deriva.

Embora actualmente esta tendência tenda a atenuar-se, enquanto o contexto internacional não se apresentar totalmente estável, pode ter algum significado, pelo menos a nível da análise de sensibilidade, avaliar as receitas provenientes da venda de energia produzida em PCH tendo em conta uma deriva positiva.

Dado que situações do tipo das verificadas como resultado dos referidos choques são sempre conjunturais, não se afigura contudo correcto o agravamento ao longo de todo o período e que se refere a análise económica do custo do kWh, tanto mais que o mesmo favorece a viabilidade do empreendimento, pois conduz a uma sobreavaliação das receitas comparativamente a uma situação sem deriva positiva.

A nível da análise da sensibilidade e mesmo sem entrar em considerações relativas à deriva, deve-se avaliar a variação induzida nos indicadores económicos por alteração nas receitas com a venda de energia.

Um aspecto de mais difícil sistematização diz respeito à análise da influência na rentabilidade do empreendimento da sequência real dos valores anuais da produção hidroeléctrica.

Uma dada PCH é caracterizada por uma produção anual média de energia hidroeléctrica, determinada nos correspondentes estudos de projecto.

Embora seja de esperar que, em média, a produção anual real no período de análise iguale o valor médio estimado, o valor acumulado actualizado da receita com a venda da energia nas hipóteses de:

- produção anual constante e igual à média estimada;
- produção anual variável, embora com média igual à estimada, difere entre si.

Em termos da análise económica as receitas mais deferidas no tempo contribuem menos significativamente para a viabilidade do empreendimento, por terem um valor presente menor. Consequentemente, são as eventuais variações dos correspondentes valores que menos efectuam os resultados dos indicadores económicos.

Contrariamente, decréscimos nas receitas nos primeiros anos de vida do empreendimento, podem comprometer a respectiva viabilidade.

BIBIOGRAFIA

- Abecassis, J. L. e Castel' Branco, P., "Análise Económica e Financeira de Projectos". Centro de Sistemas Urbanos e Regionais, CESUR, Outubro, 1987
- Grupo de Estudos PCH, "Contracto de Desenvolvimento Industrial. Pequenas Centrias Hidroeléctricas. Relatório nº 1. Síntese de Conhecimentos". Instituto Superior Técnico, Março, 1985
- Kuiper, Edward, "Water Resource Project Economics". Butterworths & Co., London, 1981
- Manzanares, A. A. & Medina, G., "Papel dos Pequenos e Médios Aproveitamentos Hidroeléctricos na Produção Energética no Continente Português", I Simpósio sobre Recursos Hídricos, Outubro, 1986
- Oliva, W, "Planeamento e Projecto de Pequenas Centrais Hidroeléctricas". Centro de Estudos e Hidrossistemas, Fevereiro, 1988
- Secretaria de Estado do Ambiente e dos Recursos Naturais, "Projecto Mini-Hídrico. Relatório Final. Aproveitamento Energético dos Recursos Naturais no Quadro de uma Política de Desenvolvimento Regional" Março, 1987
- Seminário de Energia Hídrica, Comissão de Coordenação da Região Norte, Dezembro, 1988