

**ELABORAÇÃO DA DECLARAÇÃO DE RESERVA DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA
E DE ESTUDOS DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA IMPLANTAÇÃO
DE PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS NO ESTADO DO CEARÁ**

**ETAPA V
RELATÓRIO FINAL**

**TOMO 5
PCH DO AÇUDE JABURÚ I**

1. INTRODUÇÃO

No presente Tomo 1 do relatório da “ETAPA V – RELATÓRIO FINAL” apresentam-se os dados específicos relativos à Pequena Central Hidrelétrica (PCH) do Açude Jaburú I e são definidas as características de dimensionamento adotadas para esse aproveitamento.

No Tomo 0, relativo à Memória Geral, foram apresentados os estudos realizados que conduziram à definição das características principais desta PCH, sendo nos parágrafos seguintes efetuada a descrição da solução adotada.

No Capítulo 2 é indicada a localização do aproveitamento hidrelétrico e apresentadas as suas características de dimensionamento principais, incluindo os aspectos hidrológicos e de produção de energia.

O Capítulo 3 refere-se à implantação da PCH, à descrição das estruturas e à definição dos equipamentos electromecânicos e instalações elétricas.

Em anexo é incluído um desenho com a localização do aproveitamento e a delimitação da respectiva bacia hidrográfica (Anexo 1), são apresentadas fotografias do local de implantação da PCH (Anexo 2) e são resumidos os resultados da simulação da exploração do aproveitamento (Anexo 3).

2. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA PCH

2.1. LOCALIZAÇÃO

A PCH do açude Jaburu I será implantada a jusante desse açude existente, utilizando as atuais estruturas de tomada de água, que deverão ser adaptadas para o efeito.

A implantação da usina hidrelétrica do açude Jaburu poderá ser realizada num local a cerca de 200 m a jusante do pé-de-barragem, na margem direita do rio, de forma a aproveitar integralmente a queda disponível.

Será necessária a construção de uma tubulação entre a atual tomada de água e a usina, que se encontra a meia encosta, à cota aproximada 705,00 m, e a central aproximadamente à cota 670,00 m.

A possibilidade de implantação da usina mais a jusante não foi considerada, atendendo à grande extensão de tubulação forçada que exigiria para um acréscimo de queda bruta disponível pouco significativo. Embora a inclinação do leito do rio seja relativamente elevada, o trecho a jusante do açude não apresenta locais de quedas naturais que potenciem o aproveitamento de uma queda adicional.

Na Figura 2.1 apresenta-se a localização da PCH e respectivos acessos. No Anexo 1 é delimitada a bacia hidrográfica definida pelo açude do aproveitamento.

No Anexo 2 são apresentadas fotografias que mostram as infra-estruturas existentes e a localização prevista para a PCH.

2.2. AÇUDE JABURU I

O açude Jaburu I situa-se no município de Ubajara, mais exatamente na divisória entre os municípios de Ubajara e Tianguá, a 22 km da cidade de Tianguá e a poucos quilômetros da fronteira com o estado do Piauí. O açude situa-se no rio Jaburu, pertencente à bacia do Parnaíba, fazendo parte do sistema Poti/Longuá.

PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS NO ESTADO DO CEARÁ ESTUDO DE VIABILIDADE

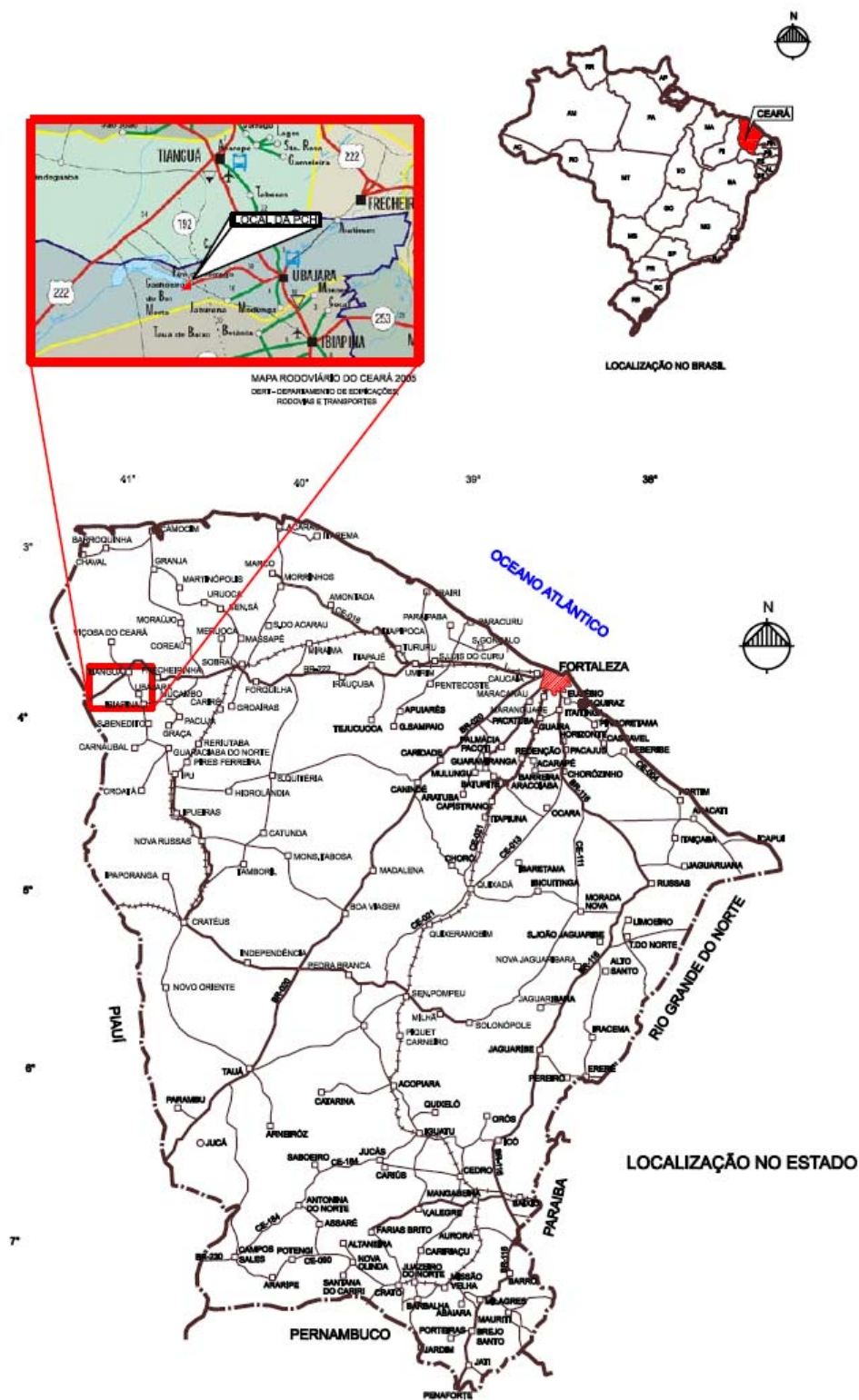


Figura 2.1

Localização e acesso à PCH do açude Jaburu I

O açude Jaburu I, barra o rio com o mesmo nome, aproximadamente a 22 km da cidade de Tianguá-CE. A partir de Fortaleza, o acesso rodoviário é feito pela rodovia BR-222. Após a cidade de Tianguá, no sentido de Teresina-PI, aproximadamente ao km 336, dobra-se à esquerda e o acesso ao local do barramento é feito por uma estrada de terra revestida com laterita em razoáveis condições de tráfego, percorrendo-se uma distância de 3 km.

O açude Jaburu I tem por objetivo principal o abastecimento de água a localidades na região e a irrigação de culturas agrícolas de áreas a montante do reservatório. Possibilita ainda a perenização do rio Jaburu para irrigação ao longo do vale a jusante, embora atualmente não tenha essa utilização.

A maior parte da água ficará assim disponibilizada para outras utilizações, nomeadamente para a produção de energia, pelo que poderia revelar-se interessante a instalação de uma PCH neste açude.

2.3. CARACTERÍSTICAS DE DIMENSIONAMENTO

2.3.1. Queda bruta e queda útil

A queda bruta disponível no aproveitamento corresponde à diferença entre os níveis de água a montante e a jusante, sendo em consequência variável em função do nível de água no reservatório a montante.

Da consideração das perdas de carga no circuito hidráulico, também variáveis em função da vazão turbinada, resulta a determinação da queda útil disponível para produção de energia.

Considerou-se que a queda útil nominal corresponde ao nível de água no reservatório a montante à cota 721,00 m (2,08 m inferior ao nível máximo normal, NNR, de 723,08 m), ou seja aproximadamente igual ao nível médio da superfície da água no reservatório nos períodos de produção de energia.

A queda máxima disponível é definida essencialmente pelo nível máximo no reservatório, verificando-se contudo que para níveis de água superiores ao valor nominal poderá ser necessário limitar a vazão turbinada de forma a turbina não exceda a potência máxima permitida pelos alternadores (geralmente admite-se que os alternadores poderão funcionar até 115% da potência nominal respectiva).

PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS NO ESTADO DO CEARÁ ESTUDO DE VIABILIDADE



A queda mínima disponível é definida essencialmente pelo nível mínimo de exploração do reservatório, podendo contudo ser também condicionada pelos limites de operação das turbinas. No presente caso o nível mínimo de exploração do reservatório para abastecimento de água encontra-se à cota 710,00 m, o que garante uma queda útil disponível compatível com as características de funcionamento das turbinas (o tipo de grupos previstos permite o funcionamento até uma potência mínima de cerca de 35% da potência nominal instalada). Definiu-se assim um nível mínimo de exploração para turbinamento igual ao nível mínimo para abastecimento.

O nível de água a jusante da PCH corresponde ao nível no leito do rio no local de restituição, sendo diretamente variável em função da vazão turbinada em cada instante.

A jusante considera-se como valor nominal o nível de água correspondente ao turbinamento da vazão nominal, ou seja a cota 670,00 m. O nível máximo de água a jusante, em situação de cheia, corresponderá à cota aproximada 675,00 m, que será também adotada para a implantação da plataforma de acesso à central.

Resultam assim os seguintes valores de cálculo:

- Nível de água a montante
 - Máximo (NNR) 723,08 m
 - Nominal 721,00 m
 - Mínimo (abastecimento / turbinamento)..... 710,00 / 710,00 m
- Nível de água a jusante
 - Máximo (situação de cheia ~ cota da plataforma) 675,00 m
 - Nominal (vazão máxima de turbinamento) 670,00 m
 - Mínimo (vazão mínima de turbinamento)..... 670,00 m
- Queda bruta
 - Máximo..... 53,08 m
 - Nominal 51,0 m
 - Mínimo 40,0 m
- Perda de carga máxima..... 5,0 m
- Queda útil
 - Máximo..... 48,08 m
 - Nominal 46,0 m
 - Mínimo 35,0 m

2.3.2. Vazão de equipamento

Em resultado dos estudos de otimização econômica realizados (ver Tomo 0 – Memória Geral), foi considerada a execução da PCH numa única fase, tendo sido adotados os seguintes valores de vazão de equipamento e respetiva potência instalada:

- Número de grupos 1
- Vazão nominal de equipamento 1,6 m³/s
- Potência instalada..... 0,61 MW

3. SIMULAÇÃO DA EXPLORAÇÃO DO APROVEITAMENTO

3.1. DADOS DE CARACTERIZAÇÃO DO APROVEITAMENTO

3.1.1. Considerações prévias

Os estudos de simulação da exploração realizados para o aproveitamento visam a definição da capacidade de regularização de vazões para abastecimento e para irrigação, bem como o potencial disponível para produção de energia hidrelétrica.

Esta quantificação é efetuada através da utilização de um modelo de simulação hidráulica da exploração do aproveitamento (SIMPCH), desenvolvido especificamente para o presente estudo, descrito no Tomo 0 do presente relatório. Este programa considera os escoamentos afluentes, as demandas hídricas na bacia, o estado de enchimento do reservatório e as regras de operação estabelecidas para o aproveitamento.

Atendendo à grande capacidade de armazenamento do reservatório, a simulação da exploração é efetuada a nível mensal, tendo-se considerado uma série histórica de 83 anos hidrológicos de deflúvios mensais. Esta série pode considerar-se bastante longa, sendo assim possível obter valores médios da capacidade de regularização do açude e de produção de energia com razoável grau de segurança.

Nas seções seguintes indicam-se os dados de entrada do modelo de simulação e são apresentados os resultados obtidos para a configuração adotada.

3.1.2. Bacia hidrográfica

O açude Jaburu I, situa-se no rio Jaburu, a 22 km da cidade de Tianguá, dominando uma área de drenagem de 350,0 km² (ver desenho em anexo).

A vazão afluente média anual é estimada em 177,0 hm³/ano (6,61 m³/s), ou seja uma altura de escoamento de 506 mm.

No Quadro 3.1 apresentam-se as principais características da bacia hidrográfica definidas na seção do açude.

Quadro 3.1

Características da bacia hidrográfica na seção do açude

Açude / Aproveitamento	Linha de água	Área (km ²)	Precipitação média anual (mm)	Escoamento médio anual		
				(mm)	(hm ³)	(m ³ /s)
Jaburu I	Jaburu	350,0	1 440,0	506,0	177,0	6,6

3.1.3. Escoamentos

A série de escoamentos gerados na bacia hidrográfica do açude Jaburu I, utilizada para o presente estudo e apresentada no Quadro 3.2, corresponde a deflúvios mensais para um período de 83 anos.

Na Figura 3.1 são representados os escoamentos anuais e na Figura 3.2 os escoamentos médios mensais.

3.1.4. Evaporação

A evaporação ao nível do reservatório admite-se constante em cada ano ao longo do período de simulação. Foram utilizados valores médios mensais da evaporação registados na estação climatológica de Sobral, que se considera característica da região.

A evaporação no reservatório é considerada igual a 70% da evaporação registada em tina classe A. Com base na evaporação no reservatório e na precipitação média mensal (nas bacias hidrográficas), determinou-se a evaporação real. Valores negativos da evaporação real significam um excesso de precipitação direta no reservatório.

No Quadro 3.3 apresentam-se os valores da precipitação e evaporação real considerados no cálculo da evaporação real no reservatório.

PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS NO ESTADO DO CEARÁ ESTUDO DE VIABILIDADE



Quadro 3.2 (1/2)

Açude Jaburu I - Série de escoamentos mensais afluentes

Ano	Escoamento mensal (hm³)												Total anual (hm³)	Total anual (m³/s)
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
1 914	63.47	10.76	3.03	1.05	0.81	0.08	4.56	0.13	0.02	0.03	0.04	0.02	84.0	2.66
1 915	0.28	0.02	1.04	9.67	0.23	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	17.12	28.5	0.90
1 916	4.88	0.21	65.61	16.72	38.36	3.25	0.11	0.02	0.02	0.02	0.36	0.05	129.6	4.11
1 917	84.44	110.38	272.36	59.00	79.50	33.68	9.20	0.18	0.02	0.02	0.03	0.06	648.9	20.56
1 918	4.59	11.79	20.76	26.41	17.37	7.52	0.49	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	89.0	2.82
1 919	2.68	1.49	0.06	0.06	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	4.4	0.14
1 920	0.02	0.03	138.96	135.11	46.46	19.13	4.23	0.08	0.02	0.02	0.02	0.02	344.1	10.90
1 921	0.93	48.40	121.39	93.79	78.57	25.96	7.84	0.57	0.02	0.02	0.14	0.02	377.6	11.97
1 922	0.03	20.99	3.21	274.45	59.30	31.20	15.55	2.24	0.17	0.02	0.97	26.36	434.5	13.77
1 923	0.05	48.54	14.84	46.12	5.15	1.61	0.61	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	117.0	3.71
1 924	2.00	167.48	225.96	823.80	132.25	64.43	30.70	4.77	0.04	0.02	0.03	0.06	1451.6	46.00
1 925	30.54	23.25	40.18	60.10	11.67	2.85	0.73	0.02	0.07	0.02	0.02	0.02	169.5	5.37
1 926	0.05	27.01	79.87	46.71	22.91	7.31	0.38	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	184.3	5.84
1 927	0.04	15.54	34.26	21.58	7.89	1.34	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.73	81.5	2.58
1 928	0.03	0.02	44.72	54.27	13.96	1.30	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02	0.92	115.3	3.66
1 929	0.33	25.48	65.53	36.53	17.75	6.52	1.42	0.02	0.02	0.02	0.02	0.92	154.5	4.90
1 930	0.07	0.12	34.65	11.11	3.44	0.38	0.14	0.02	0.02	0.04	0.02	0.02	50.0	1.59
1 931	0.04	18.18	10.26	3.44	0.83	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.08	33.0	1.04
1 932	0.35	0.10	0.21	0.19	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	1.0	0.03
1 933	3.35	8.44	37.31	103.67	21.71	2.89	0.07	0.02	0.02	0.02	0.09	0.04	177.6	5.63
1 934	0.36	11.52	149.67	46.21	57.64	18.15	4.23	0.30	0.02	0.02	0.02	0.08	288.2	9.13
1 935	0.20	31.24	41.51	69.60	48.50	13.94	2.67	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	207.8	6.58
1 936	0.02	25.73	23.43	1.04	1.31	0.16	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	51.8	1.64
1 937	0.06	30.71	24.96	56.63	10.27	2.12	0.34	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	125.2	3.97
1 938	0.03	0.02	95.67	34.07	15.76	2.93	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	148.6	4.71
1 939	0.02	20.31	62.79	8.26	2.61	0.59	0.02	0.02	0.02	0.02	0.05	0.02	94.7	3.00
1 940	0.17	2.57	152.56	106.86	58.06	33.03	11.66	1.31	0.02	0.02	0.02	0.03	366.3	11.61
1 941	0.05	0.27	92.29	8.55	4.68	0.50	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	106.4	3.37
1 942	0.04	7.88	0.55	0.13	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02	0.26	0.02	0.03	9.0	0.29
1 943	0.03	5.03	43.18	17.62	2.09	0.14	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	68.2	2.16
1 944	0.07	0.09	5.00	30.09	5.18	0.70	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	9.89	51.1	1.62
1 945	1.53	19.58	9.09	10.89	47.14	3.90	0.25	0.02	0.02	0.02	0.02	0.11	92.6	2.93
1 946	3.03	3.97	5.70	12.89	3.12	0.34	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	1.79	30.9	0.98
1 947	0.09	0.23	71.49	70.86	24.33	3.61	0.69	0.02	0.02	0.02	0.31	0.14	171.8	5.44
1 948	0.07	0.06	83.35	21.68	11.46	1.90	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.09	118.7	3.76
1 949	0.02	0.31	5.92	25.98	2.70	1.14	0.03	0.02	0.02	0.02	0.52	0.06	36.8	1.16
1 950	0.18	0.05	26.26	127.03	28.98	7.50	0.75	0.02	0.02	0.12	0.02	0.03	190.9	6.05
1 951	0.12	0.05	0.54	13.01	1.34	0.26	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.08	15.5	0.49
1 952	0.02	0.19	4.30	26.21	12.43	0.44	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.13	43.8	1.39
1 953	0.02	0.09	0.78	4.20	3.89	0.67	0.02	0.02	0.02	0.02	0.07	0.02	9.8	0.31
1 954	0.02	0.25	7.12	7.91	0.74	0.20	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	16.3	0.52
1 955	0.34	11.54	21.65	20.13	4.81	1.14	0.07	0.02	0.02	0.02	0.02	0.16	59.9	1.90
1 956	0.02	86.22	41.53	86.53	16.23	2.90	0.81	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	234.3	7.43
1 957	6.54	0.19	81.06	111.11	23.88	5.49	0.49	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	228.8	7.25
1 958	0.03	0.03	0.86	0.12	0.06	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	1.2	0.04
1 959	0.07	1.31	6.75	8.99	3.35	0.10	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	20.7	0.66
1 960	0.02	0.02	184.02	34.91	21.89	6.49	0.49	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	247.9	7.86

PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS NO ESTADO DO CEARÁ ESTUDO DE VIABILIDADE



Quadro 3.2 (2/2)

Açude Jaburu I - Série de escoamentos mensais afluentes

Ano	Escoamento mensal (hm³)												Total anual (hm³)	Total anual (m³/s)
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
1961	4.09	16.17	62.29	27.10	12.04	2.42	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.69	124.9	3.96
1962	2.66	0.49	40.38	37.57	11.74	2.74	0.21	0.02	0.02	0.02	0.02	0.13	96.0	3.04
1963	0.22	36.22	124.56	49.66	20.69	3.63	0.48	0.02	0.02	0.02	0.07	0.80	236.4	7.49
1964	0.72	8.67	67.64	120.22	45.65	26.69	7.24	0.23	0.02	0.02	0.02	0.02	277.1	8.78
1965	0.08	0.02	18.13	105.48	49.18	19.60	3.56	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	196.2	6.22
1966	0.02	77.27	5.94	3.04	4.95	1.18	0.02	0.02	0.03	0.04	0.02	0.02	92.6	2.93
1967	0.11	19.00	67.32	147.83	106.76	21.52	5.74	0.47	0.02	0.02	0.02	0.03	368.8	11.69
1968	1.64	0.13	132.53	21.32	29.63	9.83	0.46	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	195.6	6.20
1969	6.06	0.65	30.92	62.25	11.70	5.63	0.36	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	117.7	3.73
1970	1.51	0.13	42.56	2.90	0.51	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	47.8	1.51
1971	0.13	16.90	11.76	23.85	10.41	3.10	0.76	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	67.0	2.12
1972	10.99	2.51	5.16	6.11	3.10	0.78	0.02	0.04	0.02	0.02	0.02	0.14	28.9	0.92
1973	0.05	2.95	14.54	131.47	40.64	17.55	5.63	0.69	0.03	0.02	0.02	0.02	213.6	6.77
1974	18.37	63.77	181.66	446.69	91.09	48.71	21.60	1.04	0.02	0.02	0.02	0.02	873.0	27.66
1975	0.78	0.55	68.55	26.70	32.51	10.13	7.72	2.07	0.02	0.02	0.02	0.07	149.1	4.73
1976	0.05	7.36	28.77	13.24	1.14	0.04	0.02	0.02	0.03	0.10	0.02	0.09	50.9	1.61
1977	0.05	0.13	16.03	58.65	42.04	11.36	3.19	0.25	0.02	0.02	0.02	0.16	131.9	4.18
1978	0.28	20.74	16.74	3.04	34.34	2.29	0.40	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	77.9	2.47
1979	1.54	0.24	0.48	6.02	21.76	0.66	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	30.8	0.98
1980	0.29	76.09	75.78	8.79	1.70	0.19	0.02	0.02	0.02	0.02	0.04	0.02	163.0	5.16
1981	0.14	0.06	169.86	68.34	10.85	0.45	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	249.8	7.92
1982	0.08	0.42	1.24	20.03	9.70	0.75	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	32.3	1.02
1983	0.02	5.68	12.47	3.08	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	21.4	0.68
1984	0.02	0.07	47.56	177.69	48.91	20.89	5.77	0.57	0.02	0.02	0.02	0.02	301.5	9.56
1985	16.23	116.05	212.74	480.34	307.64	48.57	30.21	6.09	0.02	0.02	0.02	2.05	1220.0	38.66
1986	0.23	7.18	107.75	100.62	49.68	24.59	8.43	1.41	0.02	0.02	0.02	0.03	300.0	9.51
1987	0.44	0.09	64.10	52.85	8.02	1.19	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	126.8	4.02
1988	0.24	0.19	49.10	90.22	43.83	8.47	2.24	0.02	0.02	0.02	0.02	1.38	195.7	6.20
1989	0.11	0.02	44.10	207.51	106.04	34.12	12.74	1.23	0.02	0.02	0.02	43.13	449.1	14.23
1990	3.10	0.07	0.13	8.94	17.70	0.09	0.07	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	30.2	0.96
1991	0.07	0.15	21.57	8.34	9.76	0.88	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	40.9	1.30
1992	18.93	40.67	17.58	44.33	2.92	0.51	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	125.1	3.96
1993	0.02	0.37	0.55	0.19	0.24	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	1.5	0.05
1994	1.18	0.77	2.73	24.58	4.79	5.06	1.23	0.02	0.02	0.02	0.02	1.03	41.4	1.31
1995	5.96	0.25	31.90	87.31	21.08	8.13	2.13	0.03	0.02	0.02	0.33	0.03	157.2	4.98
1996	1.08	1.88	19.27	39.46	76.05	6.97	0.67	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	145.5	4.61
Mínimo.....	0.02	0.02	0.06	0.06	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	1.0	0.03
Média.....	3.72	15.92	51.45	66.28	27.22	8.03	2.65	0.30	0.02	0.02	0.05	1.32	177.0	5.61
Máximo.....	84.44	167.48	272.36	823.80	307.64	64.43	30.70	6.09	0.17	0.26	0.97	43.13	1 452	46.00
Escoamento médio mensal (m³/s)														
Mínimo.....	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	-
Média.....	1.39	6.52	19.21	25.57	10.16	3.10	0.99	0.11	0.01	0.01	0.02	0.49	5.61	-
Máximo.....	31.53	68.62	101.69	317.83	114.86	24.86	11.46	2.27	0.06	0.10	0.38	16.10	46.00	-

PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS NO ESTADO DO CEARÁ ESTUDO DE VIABILIDADE

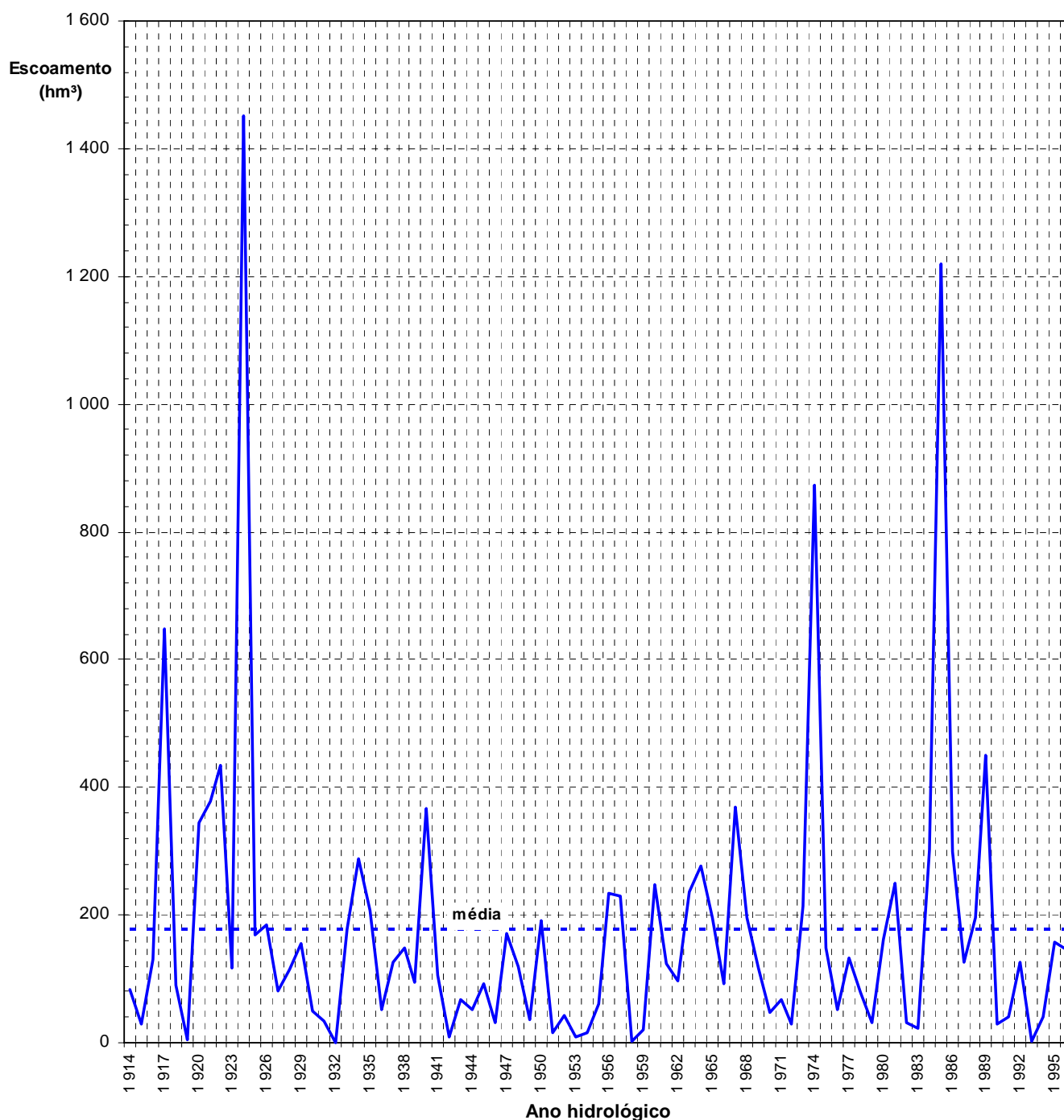


Figura 3.1
Açude Jaburu I - Série de escoamentos anuais

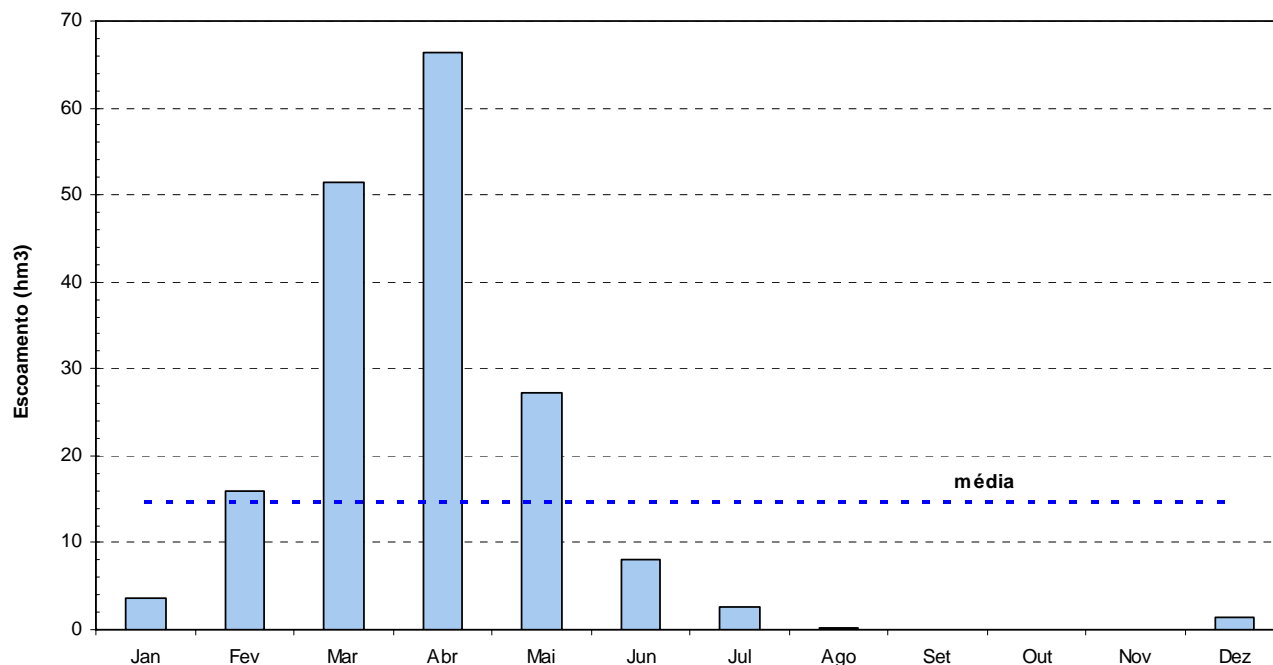


Figura 3.2
Açude Jaburu I - Escoamentos médios mensais

Quadro 3.3
Dados climatológicos do açude Jaburu I

Mês	Precipitação (mm)	Evaporação (mm)	Evaporação real (mm)
Jan.	141.0	156.6	-31.3
Fev.	209.6	125.2	-121.9
Mar.	385.3	94.6	-319.0
Abr.	340.4	101.6	-269.3
Mai.	161.9	99.7	-92.1
Jun.	54.8	116.6	26.8
Jul.	28.5	157.9	82.0
Ago.	7.6	191.3	126.3
Set.	10.3	221.3	144.6
Out.	17.7	224.7	139.6
Nov.	16.1	220.0	137.9
Dez.	66.8	205.2	76.8
Ano	1 440.0	1 914.7	-99.7

3.1.5. Açude Jaburu I

O nível de pleno armazenamento ou normal do reservatório (NNR) do Jaburu I é fixado à cota 723,08 m, sendo a área da bacia hidráulica respectiva de 14,5 km².

O açude Jaburu I tem uma capacidade de armazenamento total definida pelo NNR, não incluindo portanto volume para controle de cheias (o vertedouro é em soleira livre). O volume de armazenamento total para o nível máximo normal no reservatório é de 210 hm³ (cota 723,08 m do NNR) e o volume de armazenamento útil é de 135,0 hm³. O volume morto, definido pela cota 710,00 m, é de 75,0 hm³.

Quadro 3.4
Características do açude Jaburu I

Açude / Aproveitamento	Altura máxima (m)	Área para o NNR (km ²)	Níveis no reservatório (m) (1)			Capacidade do reservatório (hm ³) (2)		
			NNR	NME	NCM	Total	Útil	Morta
Jaburu I	48,1	14,5	723,08	710	-	210,0	135,0	75,0

(1) – NNR = Nível máximo normal do reservatório; NME = Nível mínimo de exploração (mínimo para abastecimento); NCM = Nível de capacidade morta (soleira da descarga de fundo).

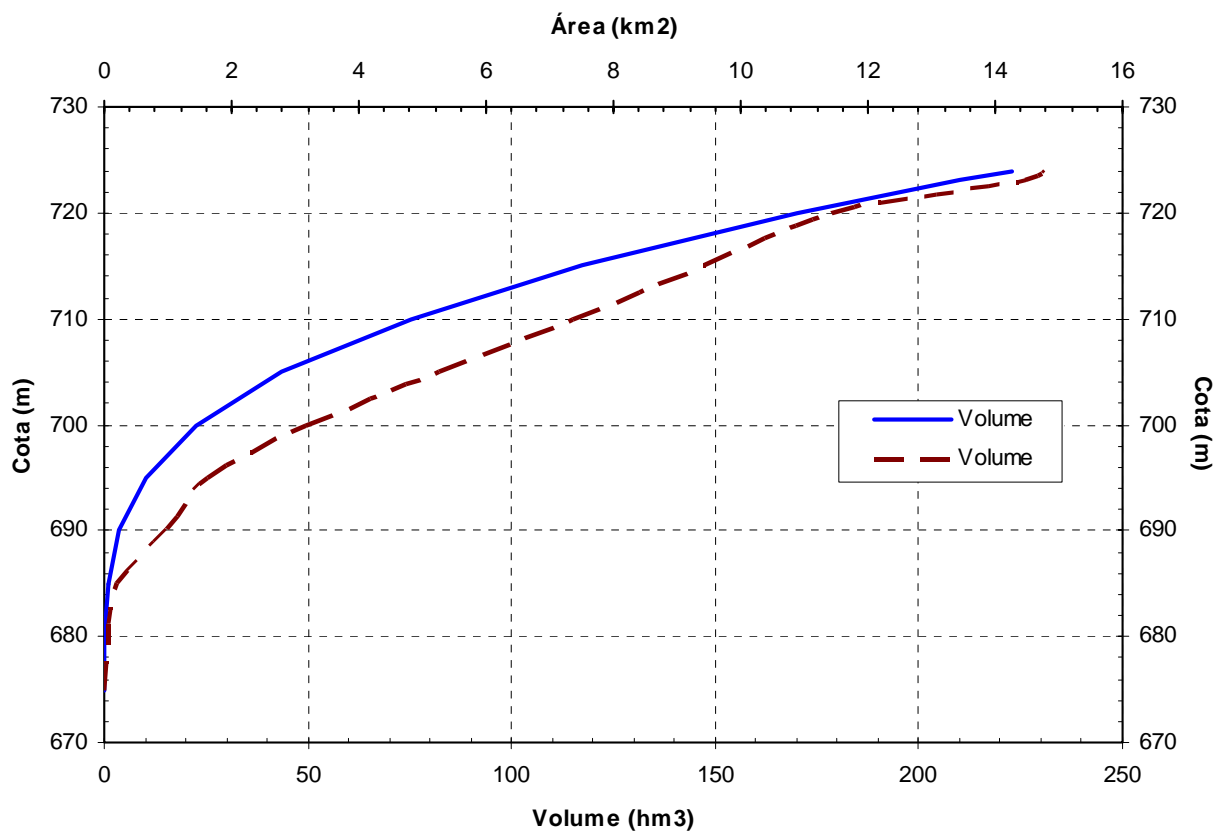
(2) – Valores para abastecimento de água.

Na Figura 3.3 apresentam-se as curvas de superfícies inundadas e de volumes armazenados (CAV) do reservatório. Os correspondentes valores de áreas e volumes são indicados no Quadro 3.5, juntamente com valores característicos de precipitação e de evaporação média mensal ao nível do reservatório.

As curvas que relacionam o volume total armazenado (V , hm³) com a cota do nível do reservatório (Z , m) e com a área inundada (A , km²), para cada um dos reservatórios, são definidas pelas expressões seguintes:

- $Z = 676,019 \times V^{0,0121} + 2,00$
- $A = -0,00015905 V^2 + 0,0982 V + 0,479$

Estas expressões são válidas para cotas no reservatório entre o nível mínimo de exploração e o nível máximo normal do reservatório.



Volume (hm³)

Figura 3.3

Curvas de superfícies e de volumes do açude Jaburu I

Quadro 3.5

Curvas de superfícies e de volumes do açude Jaburu I

Cota (m)	Área (km ²)	Volume (hm ³)
70.0	0.00	0.0
75.5	0.93	7.1
76.1	1.14	8.6
77.1	1.49	11.3
79.0	2.15	16.7
80.2	2.66	20.8
82.3	4.08	32.5
84.0	5.22	41.7
85.9	6.87	55.4
88.0	9.36	75.9
90.3	12.06	100.2
92.0	15.40	125.7
93.0	17.78	140.4
94.2	20.36	158.0
94.9	22.41	169.5
95.0	23.20	170.7

Para o reservatório consideraram-se níveis mínimos de exploração para abastecimento (valores indicados no quadro) e níveis mínimos para turbinamento.

3.1.6. Demandas hídricas

As demandas hídricas previstas satisfazer pelo reservatório, quer para abastecimento quer para irrigação referem-se a valores atuais e futuros, por tipo de utilizador e respetiva distribuição mensal média.

Para a simulação da exploração, as demandas de água foram agregadas às seguintes utilizações:

- Vazão turbinável: O volume regularizado disponível que será descarregado para o rio a jusante, para abastecimento e para irrigação.
- Vazão não turbinável: O volume regularizado transferido para abastecimento local ou irrigação a montante do açude ou derivado através de outras captações, e que não passa pela tomada de água da central.

No Quadro 3.6 indicam-se os valores considerados das demandas hídricas associadas a este açude.

Quadro 3.6
Demandas hídricas por utilização

Situação	Abastecimento (hm ³ /ano)	Irrigação (hm ³ /ano)	Total (hm ³ /ano)
- A montante (não turbinável)	22,0	3,0	25,0
- A jusante (turbinável)	75,4	50,3	125,7
- Total	97,4	53,3	150,7

(*) – Admite-se a distribuição das demandas constante ao longo do tempo.

Considera-se que a situação futura de exploração (percentual de alocação de recursos) será idêntica à situação atual (2005).

No Quadro 3.7 indica-se a distribuição mensal considerada para as demandas para abastecimento e para irrigação.

Quadro 3.7

Distribuição mensal da demanda de água por tipo de utilizador

Mês	Demanda (%)	
	Humana, Industrial e Turística	Irrigação intensiva e difusa
Janeiro	8,33	9,3
Fevereiro	8,33	6,7
Março	8,33	4,8
Abril	8,33	4,7
Maio	8,33	6,1
Junho	8,33	5,8
Julho	8,33	7,6
Agosto	8,33	8,8
Setembro	8,33	11,2
Outubro	8,33	14,1
Novembro	8,33	10,6
Dezembro	8,33	10,3
Total	100,00	100,00

3.1.7. Central hidrelétrica

No Capítulo 2 foram definidas as principais características de dimensionamento da PCH consideradas na simulação da exploração, que se resumem no Quadro 3.8.

Quadro 3.8

Características gerais da central hidrelétrica

Central	Vazão equipada (m ³ /s)	Potência instalada (MW)	Rendimento global (1) (-)	Queda útil (m)		
				Mínimo	Nominal	Máximo
Jaburú I	1,60	0,61	0,85	35,0	46,0	48,08

(1) - Rendimento global da central admitido para o cálculo da energia produzida (compreende perdas na produção, transformação e transporte da energia até ao ponto de interligação à rede).

Atendendo a que a queda disponível (H_u) em cada aproveitamento é variável em cada instante da simulação, em função do nível de água no reservatório, a respetiva vazão turbinada (Q) será também função desse nível assim como o rendimento dos grupos.

Para a determinação do volume turbinado em função da queda útil considerou-se a seguinte expressão (o parâmetro “a” varia em função da variante de vazão equipada na central):

$$Q = 0,00513 Hu^{1.5}$$

O nível mínimo de exploração para turbinamento é estabelecido à cota 710,00 m (ver Capítulo 2) a que corresponde um volume armazenado não utilizável para produção de energia de 75 hm³, igual ao volume morto para abastecimento de água.

3.1.8. Curvas-guia de exploração

A definição de curvas-guia de exploração apropriadas possibilita a otimização da exploração do aproveitamento tendo em consideração determinados objetivos: maximização do valor da vazão regularizada a jusante ou maximização da produção de energia na central.

Na Figura 3.4 representam-se as curvas-guia de exploração adotadas, que são definidas pelos seguintes valores de volume útil armazenado no reservatório:

• Curva-guia superior			
Volume útil mínimo (janeiro).....	100%	210,0	hm ³
Volume útil máximo (julho).....	100%	210,0	hm ³
• Curva-guia inferior			
Volume útil mínimo (janeiro).....	100%	210,0	hm ³
Volume útil máximo (julho).....	100%	210,0	hm ³
• Curva-guia de emergência			
Volume útil mínimo (janeiro).....	0%	0	hm ³
Volume útil máximo (julho).....	0%	0	hm ³

Considerou-se ainda que, no início da simulação da exploração, o reservatório se encontra com metade da capacidade útil respectiva.

As curvas-guia permitem a turbinagem livre quando o nível do reservatório estiver muito alto e exista o risco de descargas nos meses seguintes, de modo a evitar o desperdício de água. De notar que a exploração dos açude é fortemente condicionada pela necessidade de garantia de vazões constantes a jusante, variáveis em função da época do ano (período chuvoso ou período seco).

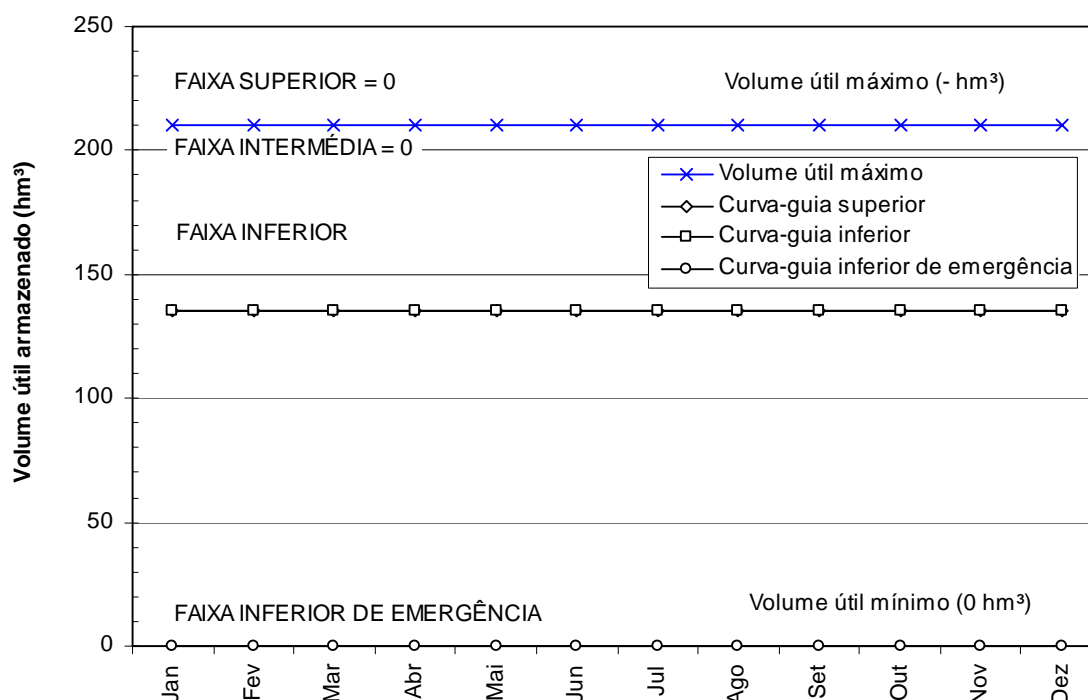


Figura 3.4
Curvas-guia de exploração do reservatório

3.2. RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DA EXPLORAÇÃO DO APROVEITAMENTO

3.2.1. Considerações prévias

Para a determinação da capacidade do açude Jaburú I quer de regularização de água para abastecimento quer para produção de energia hidrelétrica foi utilizado o programa de simulação SIMPCH, desenvolvido no âmbito do presente estudo.

No Anexo 3 é apresentado o resumo dos dados de entrada do programa SIMPCH e dos respectivos resultados obtidos, considerando a primeira fase de implementação do aproveitamento.

3.2.2. Fornecimento de água

Dos resultados do programa de exploração do aproveitamento SIMPCH, obteve-se o seguinte valor do volume total anual regularizado pelo aproveitamento, para abastecimento e para irrigação:

- **90 hm³/ano, ou seja 2,86 m³/s** (garantia em tempo de 90,4%, garantia em volume de 96,1% e falha máxima num ano de 83% do volume pedido).

Caso seja exigida uma garantia em tempo de apenas 80% o volume regularizado será de cerca de 105 hm³/ano (3,34 m³/s), o que poderá também ser admitido como valor aceitável, considerando-se que uma parte significativa das vazões serão utilizadas para irrigação.

3.2.3. Produção de energia

Na simulação da exploração ao aproveitamento admitiu-se que a exploração é condicionada em prioridade pela necessidade de regularização de vazões (fornecimento do volume máximo regularizado de 90 hm³/ano).

Tendo em consideração o interesse por um lado em maximizar o retorno do investimento e por outro o interesse em minimizar o investimento total optou-se por selecionar a variante com:

- **Vazão de equipamento de 1,6 m³/s, e potência instalada de 0,61 MW.**

Para a solução adotada, a produção em ano médio é avaliada em 3,18 GWh/ano e a receita anual é estimada em 0,197 MR\$, considerando o tarifário da COELCE de 2005. O período de funcionamento médio é de 5 479 horas/ano, considerando o turbinamento à capacidade máxima.

3.2.4. Condições de funcionamento

As condições de funcionamento esperadas para os grupos geradores, para a solução de vazão de equipamento adotada, podem ser caracterizados pelas respectivas curvas de frequência da queda útil, vazão turbinada e potência disponível, obtidas da simulação da exploração da PCH.

Nas Figuras 3.5, 3.6 e 3.7 representam-se as curvas de frequência da queda útil disponível, da vazão turbinada e da potência disponível, para a solução adotada, respetivamente.

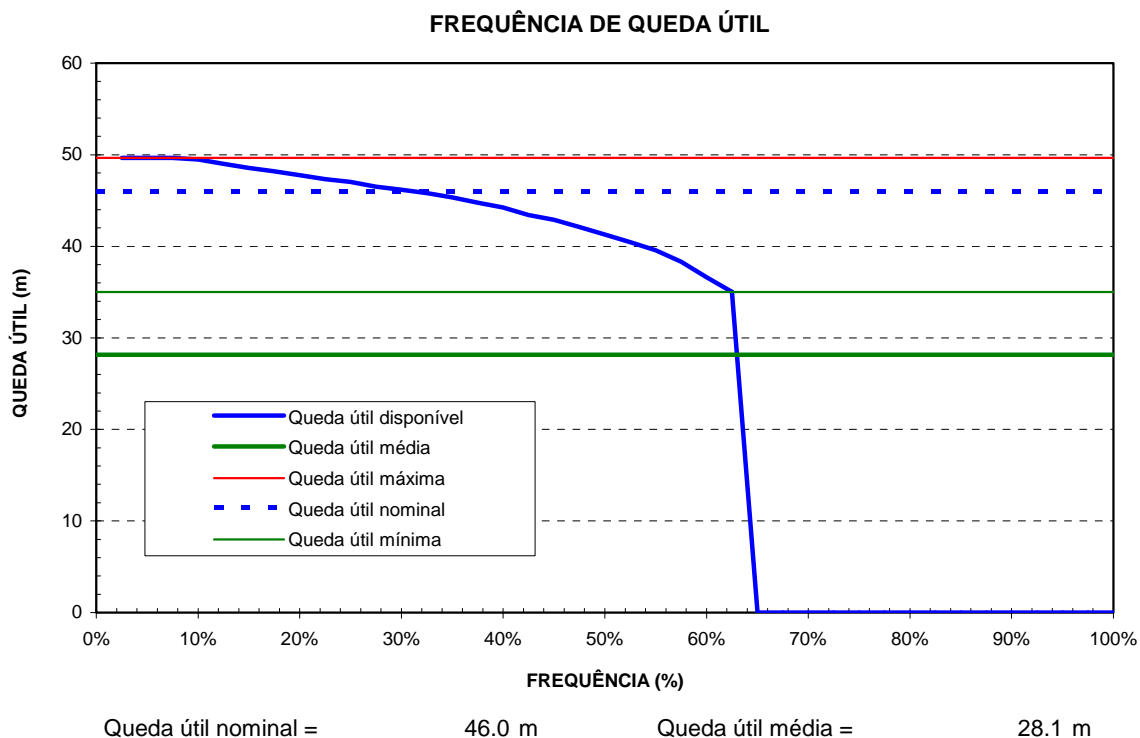


Figura 3.5

Curva de frequência da queda útil disponível

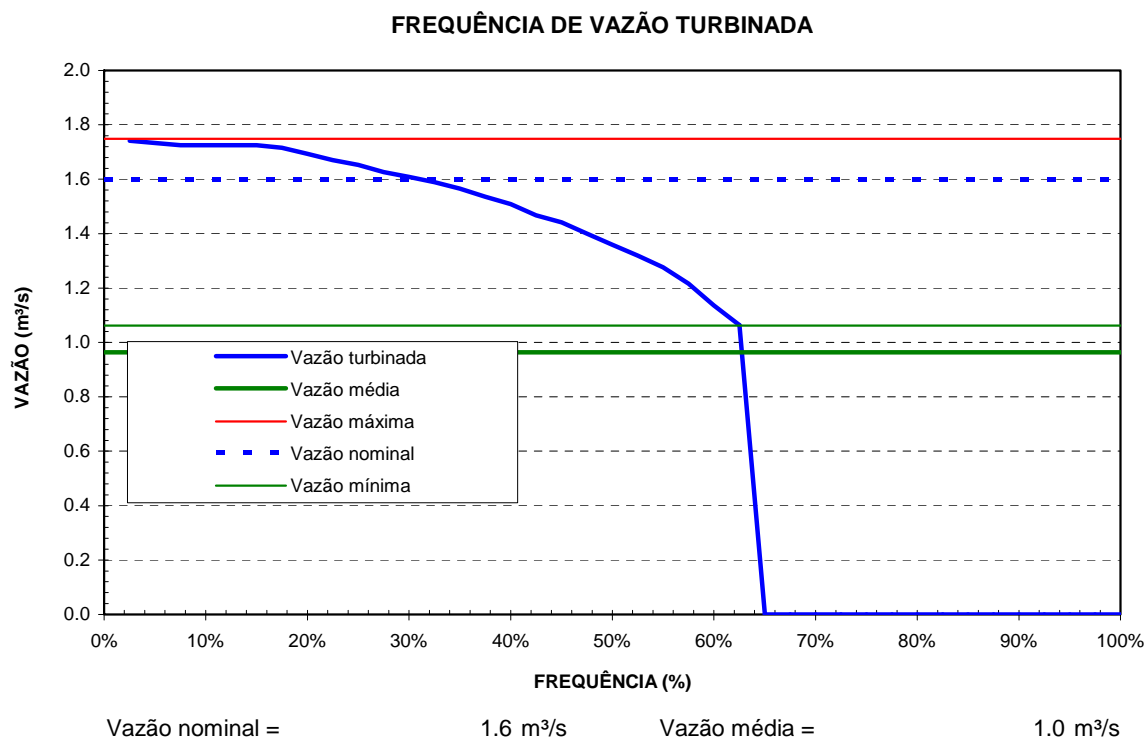


Figura 3.6

Curva de frequência da vazão turbinada

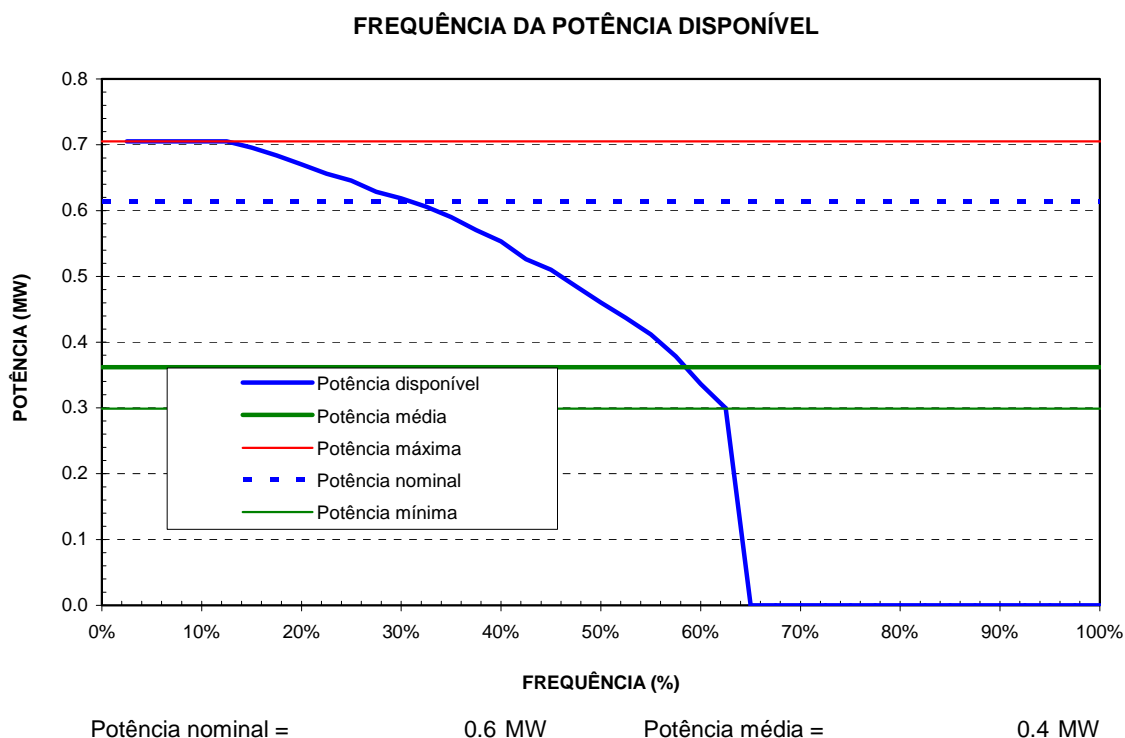


Figura 3.7
Curva de frequência da potência disponível

3.3. INDICADORES ECONÔMICOS

Os indicadores econômicos foram determinados com base na estimativa de custo de execução do aproveitamento e no valor de venda da energia estimado.

Para a solução adotada, o custo de execução foi estimado, nos relatórios anteriores do presente estudo, em 2,12 MR\$, sendo 1,51 MR\$ relativos a equipamentos e 0,61 MR\$ a obras de construção civil.

No Quadro 3.9 apresenta-se o cálculo dos indicadores econômicos relativos à solução adotada para a PCH. É indicada a produção anual considerada ao longo da vida útil do aproveitamento e respectiva valorização econômica.

Considerando a taxa de retorno de 10%, o valor presente líquido é de -0,7 MR\$ (negativo), o índice benefícios-custos é de 0,74. A taxa interna de retorno calculada é de 5,9%.

PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS NO ESTADO DO CEARÁ ESTUDO DE VIABILIDADE



Também para a taxa de retorno de 10% o custo atualizado da energia produzida é de 84,0 R\$/MWh e o custo da potência instalada é de 4 247 R\$/kW.

Estes resultados permitem concluir que a construção da PCH do Jaburú I não é economicamente viável, para as condições econômicas admitidas (designadamente a tarifa de energia), apresentado indicadores de rentabilidade desfavoráveis.

PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS NO ESTADO DO CEARÁ ESTUDO DE VIABILIDADE



Quadro 3.9

Indicadores econômicos para a solução adotada

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DA PCH

Vazão equipada.....	1.6 m ³ /s
Potência instalada da central hidroelétrica.....	0.61 MW
Energia produzida em ano médio (ano 1).....	3.18 GWh/ano
Energia produzida em ano médio (ano 20).....	3.18 GWh/ano
Valor da energia (tarifário COELCE 2005).....	0.20 M R\$ / ano

INDICADORES DE RENTABILIDADE ECONÔMICA

Taxa de retorno, Tx (%).....	8%	10%	12%
Valor Presente Líquido, VPL (M R\$).....	-0.4	-0.7	-0.9
Índice benefícios/custos, B/C.....	0.85	0.74	0.65
Tempo de retorno Tr (anos).....	41.0	41.0	41.0
Custo atualizado do kWh produzido (R\$/kWh).....	0.0728	0.0837	0.0952
Custo da potência instalada (R\$/kW).....	4 501	4 247	4 071
Taxa interna de retorno, TIR (%).....	5.9 %		

Ano	Ano de exploração	Potência instalada (MW)	Produção de energia (GWh)	Valor da produção (M R\$)	Investimentos (MUSD)		Exploração e manutenção (MUSD)	Custo total (MUSD)
					Construção civil	Equipamentos		
2006	0	-	-	0.00	0.61	1.52	0.000	2.13
2007	1	0.61	3.18	0.20	0.00	0.00	0.026	0.03
2008	2	0.61	3.18	0.20	0.00	0.00	0.026	0.03
2009	3	0.61	3.18	0.20	0.00	0.00	0.026	0.03
2010	4	0.61	3.18	0.20	0.00	0.00	0.026	0.03
2011	5	0.61	3.18	0.20	0.00	0.00	0.026	0.03
2012	6	0.61	3.18	0.20	0.00	0.00	0.026	0.03
2013	7	0.61	3.18	0.20	0.00	0.00	0.026	0.03
2014	8	0.61	3.18	0.20	0.00	0.00	0.026	0.03
2015	9	0.61	3.18	0.20	0.00	0.00	0.026	0.03
2016	10	0.61	3.18	0.20	0.00	0.00	0.026	0.03
2017	11	0.61	3.18	0.20	0.00	0.00	0.026	0.03
2018	12	0.61	3.18	0.20	0.00	0.00	0.026	0.03
2019	13	0.61	3.18	0.20	0.00	0.00	0.026	0.03
2020	14	0.61	3.18	0.20	0.00	0.00	0.026	0.03
2021	15	0.61	3.18	0.20	0.00	0.00	0.026	0.03
2022	16	0.61	3.18	0.20	0.00	0.00	0.026	0.03
2023	17	0.61	3.18	0.20	0.00	0.00	0.026	0.03
2024	18	0.61	3.18	0.20	0.00	0.00	0.026	0.03
2025	19	0.61	3.18	0.20	0.00	0.00	0.026	0.03
2026	20	0.61	3.18	0.20	0.00	1.52	0.026	1.55
2027	21	0.61	3.18	0.20	0.00	0.00	0.026	0.03
2028	22	0.61	3.18	0.20	0.00	0.00	0.026	0.03
2029	23	0.61	3.18	0.20	0.00	0.00	0.026	0.03
2030	24	0.61	3.18	0.20	0.00	0.00	0.026	0.03
2031	25	0.61	3.18	0.20	0.00	0.00	0.026	0.03
2032	26	0.61	3.18	0.20	0.00	0.00	0.026	0.03
2033	27	0.61	3.18	0.20	0.00	0.00	0.026	0.03
2034	28	0.61	3.18	0.20	0.00	0.00	0.026	0.03
2035	29	0.61	3.18	0.20	0.00	0.00	0.026	0.03
2036	30	0.61	3.18	0.20	0.00	0.00	0.026	0.03
2037	31	0.61	3.18	0.20	0.00	0.00	0.026	0.03
2038	32	0.61	3.18	0.20	0.00	0.00	0.026	0.03
2039	33	0.61	3.18	0.20	0.00	0.00	0.026	0.03
2040	34	0.61	3.18	0.20	0.00	0.00	0.026	0.03
2041	35	0.61	3.18	0.20	0.00	0.00	0.026	0.03
2042	36	0.61	3.18	0.20	0.00	0.00	0.026	0.03
2043	37	0.61	3.18	0.20	0.00	0.00	0.026	0.03
2044	38	0.61	3.18	0.20	0.00	0.00	0.026	0.03
2045	39	0.61	3.18	0.20	0.00	0.00	0.026	0.03
2046	40	0.61	3.18	0.20	0.00	0.00	0.026	0.03
Totais	40	---	---	---	---	---	---	---
Valores atualizados	Taxa de retorno de 8%.....			2.35	---	---	---	2.76
	Taxa de retorno de 10%.....			1.93	---	---	---	2.60
	Taxa de retorno de 12%.....			1.62	---	---	---	2.50

4. DESCRIÇÃO DAS ESTRUTURAS E EQUIPAMENTOS

4.1. IMPLANTAÇÃO DA CENTRAL

A PCH do açude Jaburú I, como se referiu anteriormente, será implantada a jusante do pé-de-barragem desse açude existente, utilizando as atuais estruturas de tomada de água. O local de implantação situa-se na margem direita do rio a cerca de 200 m a jusante de uma instalação de turbobombas existente.

Como o uso dessa água não tem a finalidade básica de geração de energia elétrica, mas sim garantir a oferta d'água para consumo humano, irrigação e industrial, a instalação de unidades geradoras deverá obedecer ao planejamento de liberação de vazões com o objetivo de garantir a oferta d'água acima referida.

Atendendo à reduzida capacidade prevista para esta usina, condicionada pela capacidade da tomada de água existente, optou-se por prever a instalação de um único grupo. Assim, a PCH embora não faça plena utilização dos recursos hídricos disponíveis, é compatível com a referida prioridade dada à utilização da água para abastecimento e irrigação.

O edifício da central ficará implantado numa plataforma a criar à cota 676 m, do lado direito da referida câmara de válvulas, fazendo-se a restituição das vazões turbinadas para o mesmo canal de fuga das válvulas dispersoras da tomada de água.

A criação da plataforma da central exigirá a realização de movimentos de terra, designadamente para execução da estrada de acesso. O local selecionado apresenta contudo uma área disponível largamente suficiente para permitir uma fácil implantação do edifício e caminhos de circulação. Os arranjos exteriores previstos consistem em arruamentos para circulação e zonas relvadas, com iluminação exterior, constituindo um recinto delimitado por uma vedação.

A tubulação forçada terá início a montante da estrutura de descarga e dissipação de energia da tomada de água, sendo necessário a execução de um derivante na respetiva tubulação enterrada. A tubulação forçada terá início nesse derivante, prolongando-se em direção à estrada de acesso existente e infletindo para a esquerda em direção à linha de água, onde se situará a usina.

O diâmetro da nova conduta será DN800 mm e o comprimento de cerca de 300 m. A conduta existente a montante, desde a tomada de água tem o diâmetro DN600 mm e 100 m de desenvolvimento.

O eixo longitudinal do edifício ficará perpendicular ao eixo da tubulação forçada, ficando os canais de restituição dos caudais turbinados orientados na mesma direção do eixo das condutas forçadas. A restituição dos caudais turbinados é prevista sob o piso principal da estação, do lado oposto da entrada das condutas forçadas.

Na Figura 4.1, apresentada no final do presente capítulo, encontra-se representada a implantação prevista para a usina.

Na Figura 4.2 encontra-se representado o esquema unifilar geral das instalações elétricas e na Figura 4.3 representa-se a ligação da usina à rede elétrica da COELCE.

4.2. DESCRIÇÃO DA CENTRAL

O edifício será constituído por uma estrutura em betão enterrada, correspondente à sala do grupo, sobre a qual se desenvolve uma superestrutura para cobertura e suporte da ponte rolante. Esta superestrutura cobre também as zonas do hall de descarga e do hall elétrico.

Adjacente ao corpo principal existirá um edifício de menor altura, onde se encontram as diferentes instalações elétricas e de apoio, incluindo a sala de comando.

Para descarga, montagem e desmontagem dos equipamentos existirá uma ponte rolante de acionamento elétrico, com caminho de rolamento assente sobre viga contínua de betão, cobrindo todo o desenvolvimento da central, incluindo a sala dos grupos e os halls de descarga e elétrico.

São ainda previstas comportas ensecadeiras, para seccionamento dos canais de restituição individuais dos grupos, manobradas através de um monocarril com diferencial elétrico.

A ventilação é prevista através de ventiladores de admissão de ar e/ou de extração instalados na cobertura do edifício.

Serão também previstos sistemas de detecção e extinção de incêndios e de detecção de intrusão.

4.3. EQUIPAMENTOS ELECTROMECAÑICOS

A central hidrelétrica será equipada um único grupo turbina-alternador com potência de 610 KW (potência útil no veio da turbina).

A turbina será dimensionada para uma vazão nominal de 1,60 m³/s e uma queda útil nominal de 46 m (variável). A velocidade síncrona prevista para o grupo é de 1 200 r.p.m. O rendimento previsto é de 85% e a altura de sucção exigida de 1,0 m, abaixo do eixo da turbina.

A unidade de geração hidráulica será com turbina tipo Francis com Caixa Espiral e de veio horizontal.

A turbina hidráulica estará acoplada a um gerador para operação em regime contínuo, com as seguintes características principais:

- Tipo..... síncrono trifásico
- Tensão nominal 6 KV
- Potência nominal 0,7 MVA
- Velocidade nominal..... 1 200 rpm
- Classe de isolamento..... 15 kV
- Tensão nominal de geração 13,8 kV
- Nível básico de isolamento 95 kV,
- Ligação em estrela com neutro acessível
- Grau de proteção IP23.

A montante da turbina está prevista uma válvula de guarda capaz de abrir e fechar em todas as condições de funcionamento tendo as funções de isolar a turbina quando o grupo estiver fora de serviço e de constituir o órgão de fecho de segurança no caso de não funcionamento dos distribuidor.

A válvula será do tipo borboleta com contrapeso e servomotor, sendo comandada pelo regulador da turbina.

Cada grupo estará preparado para funcionamento em comando automático, dispendo também de equipamento suficiente para uma exploração completa em regime de comando manual (situação de recurso e ensaios).

O comando automático será executado através de um autômato programável que permitirá a realização de vários programas a partir das instruções dadas na consola local.

Atendendo a usina recorrerá a tomada de água já existente, admite-se não ser necessário instalar grades de proteção a montante. Deverá contudo efetuar-se a análise da compatibilidade entre as grades existentes e as exigências da turbina que for efetivamente instalada.

4.4. SISTEMAS ELÉTRICOS

No interior da central, para além dos geradores acima indicados, são previstos os seguintes equipamentos e instalações elétricas:

- Quadros dos grupos;
- Quadro de média tensão;
- Quadro de comando, situado no interior da sala de comando;
- Quadro dos serviços auxiliares, situado no interior de uma sala;
- Transformador dos serviços auxiliares;
- Grupo Diesel, situado no interior de uma sala, com acesso a partir do exterior.

Cada unidade geradora será conectada a um único CUBÍCULO BLINDADA TIPO METAL-CLAD SWITGEAR, classe de isolamento 15kV, uso interno e em consonância com o unifilar anexo.

Os serviços auxiliares da unidade e da usina serão alimentados através de um transformador trifásico de 30 kVA 13.800 V/380 V/220 V, localizado no METAL-CLAD SWITGEAR e conectado a este por fusível e chave seccionadora.

É também prevista a instalação de um sistema de comando e automação do funcionamento da central.

4.5. CONEXÃO À REDE ELÉTRICA DO ESTADO

A unidade geradora da PCH Jaburu deverá ser conectada, através de linha de transmissão padrão COELCE rural, com um cabo de alumínio bitola 1/O AWG por fase, ao alimentador Coelce TNG-01S5, distante 77 m do empreendimento.

PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS NO ESTADO DO CEARÁ ESTUDO DE VIABILIDADE



A conexão da linha será realizada com disjuntor de 15 kV o qual possui as mesmas características do disjuntor de máquina.

(Folha A4 – ficheiro separado)

Figura 4.1
Implantação da PCH do açude Jaburú I

(Folha A4 – Arquivo Word)

Figura 4.2
Esquema unifilar elétrico da PCH do açude Jaburú I

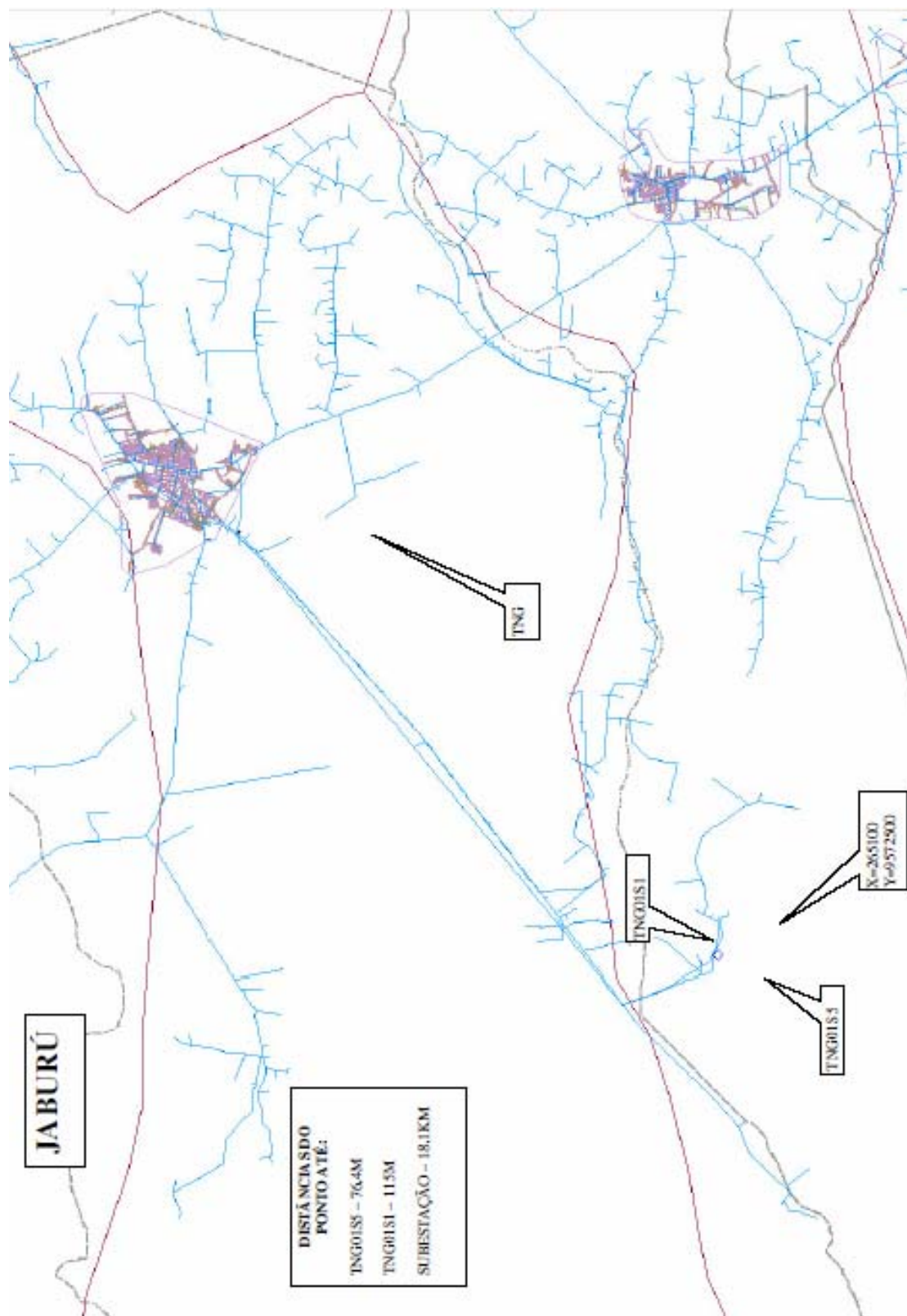


Figura 4.3
Ligação à rede elétrica da COELCE

5. RESUMO

A PCH do açude Jaburú I ficará implantada a jusante do pé-de-barragem do açude existente, utilizando as atuais estruturas de tomada de água para alimentação da usina.

Os estudos realizados permitiram definir as características a adotar para a PCH, que são as seguintes:

- Vazão de equipamento..... 1,6 m³/s
- Queda bruta..... 51 m
- Queda útil (nominal) 46 m
- Potência..... 0,61 MW

Será executado o edifício da central, conduta forçada e linha de ligação à rede da COELCE. A conduta forçada terá origem num derivante na tubulação da tomada de água existente. A instalação de turbobombas existente deverá ser substituída por uma pequena estação de bombeamento.

O custo de execução é estimado em 2,20 MR\$, repartidos por 1,51 MR\$ para equipamentos e 0,61 MR\$ para obras civis, de acordo com as seguintes parcelas:

- Usina hidrelétrica..... 1,33 x 10⁶ R\$
- Circuito hidráulico..... 0,79 x 10⁶ R\$
- Total global..... 2,20 x 10⁶ R\$

Os resultados dos estudos de simulação da exploração do reservatório e da PCH permitiram a determinação dos seguintes parâmetros:

- Volume regularizado (90% de garantia em tempo) 151 hm³/ano (4,0 m³/s)
- Energia produzida..... 3,18 GWh/ano
- Tempo de funcionamento médio 5 479 horas/ano
- Valor da energia produzida (tarifário COELCE 2005) ... 0,197 x 10⁶ R\$/ano

O regime de funcionamento, em períodos com disponibilidades hídricas, será contínuo em 24 horas. A exploração da PCH será fortemente condicionada pela necessidade de satisfação prioritária das necessidades de água para abastecimento humano e para irrigação, quer a

PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS NO ESTADO DO CEARÁ ESTUDO DE VIABILIDADE



montante do açude (volumes não turbinados) quer a jusante (volumes turbinados). São também turbinadas as vazões que excedem a capacidade de armazenamento do reservatório.

Da análise econômica realizada resultaram os seguintes valores de indicadores econômicos para o aproveitamento (taxa de retorno de 10%):

- Valor Presente Líquido – VPL -0,7 MR\$
- Índice benefícios-custos – B/C 0,74
- Tempo de retorno do investimento - anos
- Taxa Interna de Retorno – TIR 5,9 %
- Custo atualizado do kWh produzido 0,084 R\$/MWh
- Custo da potência instalada 4 247 R\$/kW

A execução do aproveitamento poderá ser concretizada em cerca de 2 anos, incluindo um ano para a elaboração de estudos complementares e do Projeto Executivo e dois anos para encomenda e fabrico de equipamentos e construção.

Dos estudos efetuados conclui-se que a construção da PCH do açude Jaburú I não é economicamente viável, para as condições econômicas admitidas (designadamente a tarifa de energia), apresentado indicadores de rentabilidade desfavoráveis.

20 de Maio de 2006

Pela COBA

António Pereira da Silva

Diretor do Serviço de Recursos Naturais e Equipamentos

**ELABORAÇÃO DA DECLARAÇÃO DE RESERVA DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA
E DE ESTUDOS DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA IMPLANTAÇÃO
DE PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS NO ESTADO DO CEARÁ**

**ETAPA V
RELATÓRIO FINAL**

**TOMO 5
PCH DO AÇUDE JABURÚ I**

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUÇÃO	1
2. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA PCH.....	2
2.1. LOCALIZAÇÃO	2
2.2. AÇUDE JABURU I	2
2.3. CARACTERÍSTICAS DE DIMENSIONAMENTO	4
2.3.1. Queda bruta e queda útil.....	4
2.3.2. Vazão de equipamento	6
3. SIMULAÇÃO DA EXPLORAÇÃO DO APROVEITAMENTO	7
3.1. DADOS DE CARACTERIZAÇÃO DO APROVEITAMENTO.....	7
3.1.1. Considerações prévias.....	7
3.1.2. Bacia hidrográfica	7
3.1.3. Escoamentos	8
3.1.4. Evaporação	8
3.1.5. Açude Jaburú I	13
3.1.6. Demandas hídricas	15
3.1.7. Central hidrelétrica	16

PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS NO ESTADO DO CEARÁ ESTUDO DE VIABILIDADE



3.1.8. Curvas-guia de exploração	17
3.2. RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DA EXPLORAÇÃO DO APROVEITAMENTO	18
3.2.1. Considerações prévias.....	18
3.2.2. Fornecimento de água	18
3.2.3. Produção de energia.....	19
3.2.4. Condições de funcionamento.....	19
3.3. INDICADORES ECONÔMICOS	21
4. DESCRIÇÃO DAS ESTRUTURAS E EQUIPAMENTOS	24
4.1. IMPLANTAÇÃO DA CENTRAL.....	24
4.2. DESCRIÇÃO DA CENTRAL	25
4.3. EQUIPAMENTOS ELECTROMECAÑICOS.....	26
4.4. SISTEMAS ELÉCTRICOS	27
4.5. CONEXÃO À REDE ELÉTRICA DO ESTADO	27
5. RESUMO	32

QUADROS

3.1. Características da bacia hidrográfica na seção do açude
3.2. Açude Jaburú I - Série de escoamentos mensais afluentes
3.3. Dados climatológicos do açude Jaburú I
3.4. Características do açude Jaburú I
3.5. Curvas de superfícies e de volumes do açude Jaburú I
3.6. Demandas hídricas por utilização
3.7. Distribuição mensal da demanda de água por tipo de utilizador
3.8. Características gerais da central hidrelétrica
3.9. Indicadores econômicos para a solução adotada

FIGURAS

- 2.1. Localização e acesso à PCH do açude Jaburú I
- 3.1. Açude Jaburú I - Série de escoamentos anuais
- 3.2. Açude Jaburú I - Escoamentos médios mensais
- 3.3. Curvas de superfícies e de volumes do açude Jaburú I
- 3.4. Curvas-guia de exploração do reservatório
- 3.5. Curva de freqüência da queda útil disponível
- 3.6. Curva de freqüência da vazão tubinada
- 3.7. Curva de freqüência da potência disponível
- 4.1. Implantação da PCH do açude Jaburú I
- 4.2. Esquema unifilar elétrico da PCH do açude Jaburú I
- 4.3. Ligação à rede elétrica da COELCE

ANEXOS

ANEXO 1 – LOCALIZAÇÃO E BACIA HIDROGRÁFICA

ANEXO 2 – FOTOGRAFIAS

ANEXO 3 – DADOS E RESULTADOS DO PROGRAMA SIMPCH