

**MEDIÇÕES DE DESCARGAS LÍQUIDAS E DE
VELOCIDADES DE ESCOAMENTO NA USINA
DE SÃO CARVALHO - ACESITA**

**Divisão de Radioisótopos/DERL
CDTN - DERL.PD-009/81 -**

**MEDIÇÕES DE DESCARGAS LÍQUIDAS E DE VELOCIDADES DE
ESCOAMENTO NA USINA DE SÁ CARVALHO - ACESITA**

AUTORES

Rubens Martins Moreira

Pedro Edmundo Aun

Paulo Sérgio Pelógia Minardi

Virgílio Lopardi Bomtempo

José Olympio N. M. de Castro

Ricardo da Silva Gomes

Antônio Fioravante Neto

Namir de Souza Vieira

Duarte Augusto Costa

DIVISÃO DE RADIOISÓTOPOS/DERL

CDTN - NUCLEBRÁS

- Março/1981 -

ÍNDICE

	PÁGINA
1. HISTÓRICO	1.
2. OS MÉTODOS DE MEDIÇÃO DE VAZÃO COM USO DE TRAÇADORES	3.
2.1 O Método de Pico-a-Pico ou da Velocidade	3.
2.2 O Princípio do Balanço do Traçador	5.
3. O TRABALHO EXPERIMENTAL	10.
4. RESULTADOS EXPERIMENTAIS	15.
4.1 Medições nas Turbinas	15.
4.2 Medição no Túnel 2	17.
4.3 Medição no Túnel 1	19.
5. SEGUNDA CAMPANHA DE MEDIÇÕES	21.
5.1 Trabalho Experimental	21.
5.2 RESULTADOS	22.
6. AGRADECIMENTOS	26.

MEDIÇÕES DE DESCARGAS LÍQUIDAS E DE VELOCIDADES DE ESCOAMENTO NA USINA DE SÃO CARVALHO - ACESITA

1. HISTÓRICO

No final do mês de março de 1980, a Divisão de Radioisótopos (DIRAD) do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear da NUCLEBRÁS foi consultada pela ENGEVIX S.A. - Estudos e Projetos de Engenharia sobre um trabalho que a mesma deveria realizar na Usina Hidroelétrica de São Carvalho. Esta Usina pertence à Companhia de Aços Especiais Itabira - ACESITA, e gera cerca de 50MW, utilizando a água do Rio Piracicaba. A ACESITA estava interessada em realizar uma avaliação das condições atuais de operação da Usina, para o que contratou a ENGEVIX. Esta preparou um método de análise dentro do qual era exigido o conhecimento de descargas líquidas e de velocidades nos vários componentes do sistema da Usina.

Após os primeiros contatos, 2 engenheiros da DIRAD, acompanhados por 2 engenheiros da ENGEVIX realizaram uma visita à Usina de São Carvalho, em 01/04/80, com o objetivo de verificar a viabilidade técnica do estudo. A partir das informações colhidas, foi elaborado um primeiro plano sucinto de trabalho, acompanhado por um orçamento, que foi encaminhado à ENGEVIX em 02/04/80. Uma segunda versão do plano foi encaminhada à mesma Companhia em 19/06/80. Finalmente, a versão final, intitulada "Plano Sucinto de Trabalho para Medições na Usina de São Carvalho" foi enviada à ACESITA em 26/09/80.

Tendo sido aprovado o plano, foi realizada uma nova visita ao local, por um engenheiro e um técnico em mecânica da DIRAD, com o objetivo de colher dados para o equipamento experimental que deveria ser utilizado nas medições. Nesta visita, a ACESITA forneceu uma coleção de plantas referentes à Usina, mostrando os detalhes do sistema, já que, na utilização de um dos resultados de medição com traçadores radioativos, é necessário conhecer os volumes envolvidos.

O trabalho de campo foi realizado nos dias 25, 26 e 27 de outubro/80, retornando a equipe da DIRAD a Belo Horizonte em 28/10/80. Um relatório preliminar sobre o trabalho, contendo dados sobre vazões e velocidades foi encaminhado à ACESITA e à ENGEVIX em 20/11/80. O presente relatório completa o anterior, fornecendo mais informações sobre os métodos e condições experimentais e sobre a análise dos resultados obtidos.

Em 29/01/81 a ENGEVIX tornou a solicitar ao CDTN medições adicionais nas adutoras e no túnel nº 2. Estas medições foram executadas no dia 18/02/81. Os resultados obtidos nesta segunda campanha foram também incluídos no final do presente relatório.

2. OS MÉTODOS DE MEDIÇÃO DE VAZÃO COM USO DE TRAÇADORES

Há dois tipos básicos de utilização de traçadores em medições de descargas líquidas: ou é utilizada uma injeção instantânea do traçador no caudal a ser medido ou é feita uma injeção na qual o mesmo volume de traçador por unidade de tempo é lançado, durante um certo período, no trecho em estudo. Estes 2 métodos de injeção (instantânea e contínua, respectivamente) originaram várias técnicas experimentais, as quais são utilizadas de acordo com as condições do caudal a ser medido.

Em nosso caso, foram utilizadas injeções instantâneas de traçador, com duas técnicas diferentes: o método de pico-a-pico (ou da velocidade) e o método de contagem total. Os seus princípios básicos são detalhados a seguir.

2.1 O Método de Pico-a-Pico ou da Velocidade

É o método mais simples para a medição de vazões, estando, porém, limitado a escoamentos feitos em secção conhecida. Se uma injeção de traçador é feita, instantaneamente, em um ponto do escoamento, ele será transportado pelo fluido. A concentração do material injetado, em uma secção a jusante da injeção, crescerá rapidamente e novamente decrescerá, quando o traçador passar pela secção: a parece, pois, um pico de concentração.

Se o traçador é transportado com a mesma velocidade linear média do escoamento, e sendo t_m o tempo corres

pondente à ocorrência do máximo de concentração, a uma distância x do local da injeção, a velocidade linear média do escoamento será dada por:

$$u = \frac{x}{t_m}$$

Outra alternativa para a aplicação do método, correta do ponto de vista formal, utiliza, em lugar do tempo relativo ao máximo, o instante correspondente ao tempo médio de passagem do traçador pela secção, que é calculado pelo primeiro momento da curva de distribuição.

Para obter-se a descarga, é necessário conhecer-se a secção reta A do escoamento ou o volume total V do sistema, já que a vazão Q pode ser dada por

$$Q = u A \quad \text{ou por} \quad Q = \frac{V}{t_m}$$

Esta restrição - o conhecimento da secção reta do escoamento - limita a aplicabilidade do método a tubulações ou a canais de geometria bem definida. Ele é, entretanto, o mais simples do ponto de vista experimental e extremamente adequado para ser utilizado com traçadores radioativos, e permite que a detecção seja feita do lado externo das paredes de uma tubulação. Neste caso, pode ser demonstrado que é necessário haver um comprimento de tubulação, entre o ponto de injeção e a secção de medida, da ordem de 100 diâmetros, em escoamentos turbulentos.

2.2 O Princípio do Balanço do Traçador

A aplicação deste princípio à medição de descargas líquidas é mais geral do que no caso anterior, pois a secção reta do escoamento não necessita ser conhecida. O princípio do balanço de traçador é a simples afirmação da conservação do traçador no escoamento. Se uma quantidade de traçador é injetada em um curso d'água, a mesma quantidade deverá passar em qualquer ponto de detecção a jusante, se não existirem sumidouros nem outras fontes de traçador. Consideremos uma superfície S que corta o escoamento abaixo do ponto de injeção. A conservação de traçador é dada pela expressão

$$A = \int_0^S \int_0^{\infty} C(s,t) V_x(s,t) dt ds$$

onde

A é a quantidade de traçador lançada

$C(s,t)$ é a concentração de traçador em um ponto \underline{A} da superfície S , no instante t .

$V_x(s,t)$ é a velocidade linear do escoamento, na direção x , no ponto s da superfície S , no instante t .

A vazão líquida é dada por

$$Q(t) = \int_0^S V_x(s,t) ds$$

Durante o período de medida, a vazão deve ser constante em relação ao tempo. Isto faz com que se possa retirar $V_x(s)$ da integral dupla

$$A = \int_0^S V_x(s) ds \int_0^{\infty} C(s,t) ds dt$$

A condição básica de aplicação do método, chamada condição de bom misturamento, é assim expressa: deve haver uma distância suficiente entre o ponto de injeção e a secção S para que a $\int_0^{\infty} C(s,t) ds dt$ seja independente do ponto A. Isto quer dizer que, qualquer que seja o ponto de medida em que estiver colocado um detector do traçador na secção S, a sua resposta, integrada no tempo, será a mesma. Logo

$$A = \int_0^S V_x(s) ds \int_0^{\infty} C(t) dt$$

ou

$$A = Q \int_0^{\infty} C(t) dt$$

e ainda

$$Q = \frac{A}{\int_0^{\infty} C(t) dt}$$

Na realidade, a integração não é feita por um tempo infinito e sim durante o intervalo de tempo T necessário para o traçador passar pela secção de medida. Logo

$$Q = \frac{A}{\int_0^T C(t) dt}$$

Deve-se notar que não foi feita nenhuma restrição quanto à forma ou à constância da secção do escoamento. Portanto, o método pode ser aplicado a rios e, é claro, também a tubulações e canais. Também neste caso, os traçadores são de fácil utilização: basta realizar um lançamento instantâneo no curso d'água e manter-se um detector imerso no rio, em uma geometria que possa ser reproduzida em laboratório, o qual integrará todas as contagens produzidas pela passagem da nuvem de traçador. Se R for a taxa de contagem fornecida pelo detector imerso em um fluido contendo uma distribuição homogênea c de traçador, tem-se

$$R = F \cdot c,$$

onde F é um fator de calibração (resposta da sonda para uma quantidade conhecida de traçador). Logo

$$Q = \frac{A}{\frac{1}{F} \int_0^T R dt}$$

Esta integral é simplesmente o número total N de contagens acumulado pelo detector durante o tempo T

$$N = \int_0^T R \, dt$$

logo: $Q = \frac{AF}{N}$, expressão básica do método conhecido como método de contagem total.

O modo habitual de utilizá-lo consiste em tornar-se uma fração f da quantidade total A de traçador que será lançado no curso d'água. Esta quantidade, fA , é lançada em um volume V de água, no qual é colocado o detector nas mesmas condições geométricas utilizadas durante a detecção. Se R_c é a taxa de contagem resultante da medida da fA no volume V , tem-se

$$F = \frac{R_c V}{fA}$$

logo

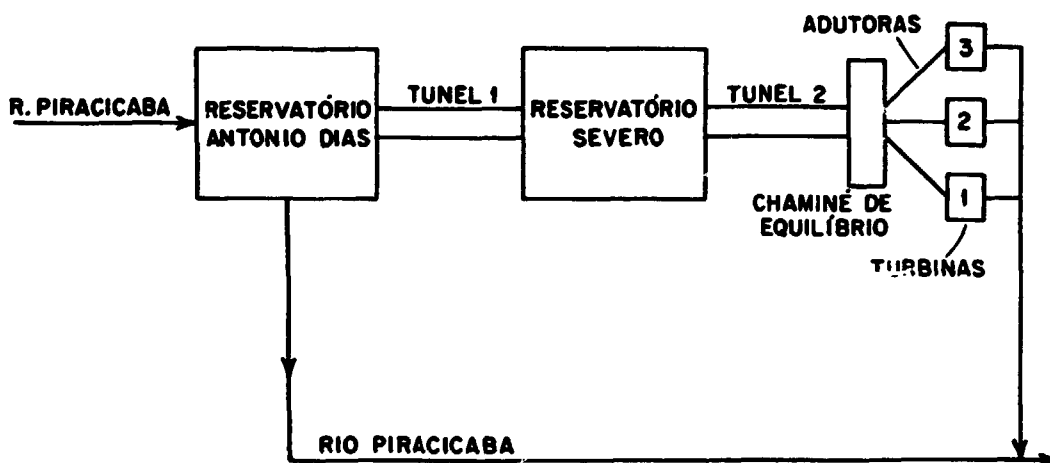
$$Q = \frac{fA}{N} = \frac{R_c VA}{fAN} = \frac{R_c V}{fN}$$

A vantagem desta última expressão é que o seu emprego não nos obriga a conhecermos, com precisão, a atividade injetada A , o que é relativamente complexo. Toda a calibração é baseada em volumes, o que simplifica o processo. A geometria, como foi dito, deve ser reproduzida na calibração. Um dos métodos utilizados para isto é man

ter o detector no centro de uma esfera líquida com raio de cerca de 1m, tanto no campo, como na liberação. Para os radioisótopos usuais, as partículas radioativas situadas a distâncias do detector maiores que um metro praticamente não o influenciam mais. A este tipo de detecção se chama detecção em geometria infinita.

3. O TRABALHO EXPERIMENTAL

O sistema em análise é apresentado, de modo su
cinto, a seguir:



O problema é a medição de descargas líquidas e de velocidades médias de escoamento nos túneis 1 e 2 e nas adutoras.

Para as adutoras, o método indicado é o pico-a-pico, sendo feitas as injeções de traçador na chaminé de equilíbrio. O instante da injeção é utilizado como a origem dos tempos.

Para o túnel 2, há 2 possibilidades, a partir de

um lançamento de traçador em sua entrada, na barragem do Severo:

- a. aplicar o método de contagem total, utilizando um detector na chaminé de equilíbrio;
- b. utilizar o sinal de detector na chaminé de equilíbrio como o primeiro pico; utilizar detectores nas 3 turbinas, para obter o segundo pico; somar as vazões das 3 turbinas, obtidas pelo método pico-a-pico, obtendo-se a vazão do túnel 2.

Para o túnel 1, a única opção é a utilização do método de contagem total, a partir de uma injeção de traçador na entrada do túnel, no reservatório de Antônio Dias.

Estas foram as opções utilizadas. O traçador empregado foi o Br-82. O método de injeção consistiu em dissolver pastilhas de KBr, irradiadas em reator, em um frasco de vidro, encaixado em um suporte metálico. Uma espoleta elétrica para dinamite é presa ao frasco de vidro.

O conjunto é descido, por meio de um cabo, até a profundidade desejada, onde é feita a explosão. A profundidade era determinada previamente, descendo-se um lagarto no local de injeção até que se sentisse, sobre ele, a ação do escoamento.

Deste modo, assegurou-se que as injeções fossem feitas na região do escoamento principal. Devido à gran

de turbulência reinante em todo o sistema, o misturamento do material radioativo ao fluxo d'água deve ocorrer logo após a injeção. O instante da injeção era comunicado à equipe de detecção por meio de rádio. Este instante era marcado em um registrador, no local de detecção, por meio de um marcador de eventos, servindo como origem dos tempos para aquela injeção.

O equipamento de medição utilizado envolveu:

5 contadores de cintilação portáteis, tipo IPP4 e SPP3, da SRAT, acoplados a medidores de taxas de contagem

3 registradores de 2 canais, base de tempo a quartzo, da Moseley

2 contadores de impulsos Hewlett Packard

1 gerador a gasolina Honda, 1500W.

Nas detecções realizadas nas turbinas, os detectores foram simplesmente fixados no exterior da tubulação, próximos às turbinas.

Na chaminé de equilíbrio, foi lançado um lastro de chumbo, por meio de um cabo de aço, no qual era descida uma gaiola, dotada de um sistema de amortecimento de vibração, à qual ia preso o detector.

Na saída do túnel 1, a mesma gaiola foi utilizada; para lançá-la, foi utilizado um guincho manual, fixado no interior do caminhão que transportou o equipamento.

O trabalho teve a seguinte organização:

Dia 25/10/80:

Viagem a São Carvalho, em 2 veículos. Montagem do equipamento de detecção nas 3 turbinas. Instalação de régua para registro de variação de nível na chaminé de equilíbrio.

Dia 26/10/80:

Teste nas turbinas. A partir de 12:30h, iniciadas as medições nas 3 turbinas, realizando-se 3 injeções por turbina. Durante a medição, a turbina que estava sendo medida tinha sua potência fixada em cerca de 14MW. Durante o trabalho nas turbinas, parte da equipe preparava as injeções no reservatório do Severo, realizadas na mesma tarde. Foram realizadas 5 injeções no túnel 2, colocando-se um detector na chaminé de equilíbrio e mantendo-se em posição os 3 detectores que haviam sido utilizados para as medições nas turbinas.

Dia 27/10/80:

Medição no túnel 1, com 5 lançamentos no reservatório de Antônio Dias e detecção na saída do túnel 1. Desmobilização.

Dia 28/10/80:

Retorno da equipe a Belo Horizonte.

Durante as detecções, a equipe da ENGEVIX reali

zou medições de altura d'água em pontos de interesse do sistema. A equipe da Divisão de Radioisótopos recebeu (e agradece) todo o apoio necessário do pessoal da Usina de São Carvalho e dos engenheiros da ACESITA que acompanharam o trabalho.

4. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

4.1 Medições nas Turbinas

Como já foi dito, utilizou-se o método pico-a-pico. O instante da injeção, realizada na chaminé de equilíbrio, era transmitido à Usina por rádio. Ao recebê-lo, acionava-se um cronômetro e, simultaneamente, o marcador de eventos ligado ao registrador gráfico que estava ligado ao detector de radiação. A intervalos de 1 minuto, aacionava-se novamente o marcador de eventos, enquanto a curva gerada pela passagem do traçador pelo detector de radiação aparecia no registrador gráfico.

Cada uma das 3 turbinas foi testada separadamente, fixando-se sua potência em cerca de 14MW. Em cada turbina, foram realizadas 3 injeções. O trabalho foi efetuado entre 12:45 e 14:00h, no dia 26/10/80. Cada medição gastava 5 minutos e havia cerca de 10 minutos de intervalo, entre cada série, para mudança de turbina.

Os dados obtidos foram digitalizados, calculando-se os centros de gravidade de cada curva - que correspondem aos tempos médios de passagem - em computador. A origem dos tempos era o instante da injeção; para a avaliação das vazões, os volumes das adutoras foram calculados a partir das plantas da Usina, fornecidas pela ACESITA, obtendo-se verbalmente, durante o trabalho, algumas informações complementares. Os volumes utilizados foram, respectivamente 2566m^3 , 2449m^3 e 2774m^3 .

Conhecendo-se o tempo médio de passagem \underline{t} e o volume do sistema \underline{V} , a vazão \underline{Q} era calculada simplesmente por

$$Q = \frac{V}{t}$$

Os resultados experimentais são apresentados no quadro abaixo.

ADUTORA	INJEÇÃO	u (m/s)	t (s)	Q (m ³ /s)
1	1	1,95	171	15,0
1	2	1,95	171	15,0
1	3	1,84	181	14,2
2	1	2,04	158	15,5
2	2	2,03	159	15,4
2	3	2,00	161	15,2
3	1	1,75	190	14,6
3	2	1,78	187	14,8
3	3	1,76	189	14,7

Observa-se uma boa coerência entre os valores obtidos, exceto para o caso da 3a. injeção na 1a. adutora.

Como as potências geradas eram constantes, aparentemente o rendimento da turbina 3 é um pouco maior do que o das outras.

4.2 Medição no Túnel 2

Neste caso, pretendia-se utilizar como método principal de medição o método de contagem total. Entretanto, para que ele seja aplicável, é necessário que o detector situado na saída do sistema (chaminé de equilíbrio) esteja rodeado por cerca de 80cm de água, quando se utiliza o Br-82. Isto parece não ter ocorrido; os resultados obtidos (N baixo) indicam que o detector ficou demasiadamente próximo às paredes, provavelmente tendo penetrado na adutora 2, apesar do pesado lastro de chumbo. Em vista disto, utilizou-se como resultado para a vazão do túnel 2 a soma das descargas das 3 adutoras, medidas pelo método do pico-a-pico. O primeiro pico foi obtido considerando-se a curva gerada pelo traçador ao passar pela chaminé de equilíbrio.

O material radioativo, ao passar pelas turbinas, gerou novos picos, já que os detectores do item anterior haviam sido mantidos em posição. A utilização deste método influenciou sobre a precisão dos resultados, já que o sinal produzido nos detectores próximos às turbinas apresentava algum ruído, gerado pela grande diluição sofrida pelo traçador entre o reservatório do Severo e as turbinas.

As velocidades de escoamento no túnel 2 foram obtidas dividindo-se a distância entre o reservatório do Se

vero (entrada do túnel) e a chaminé de equilíbrio pelo tempo gasto em percorrê-la, obtido a partir do centro de gravidade da curva de passagem do traçador.

Os resultados obtidos são apresentados abaixo , sendo, na coluna H_i , registrada a hora da injeção.

TÚNEL 2

INJEÇÃO	u (m/s)	t (s)	Q (m ³ /s)	H_i
1	1,29	1068	41,8	14:44
2	1,24	1111	38,2	15:20
3	1,38	999	43,7	15:52
4	1,38	1004	41,6	16:12
5	1,36	1018	39,7	16:32

O trabalho foi realizado em 26/10/80. Duas turbinas (1 e 2) foram mantidas fixas em aproximadamente 10MW, no decorrer do trabalho enquanto a turbina 3 absorvia as variações de carga.

4.3 Medição no Túnel 1

Neste caso, aplicou-se o método de contagem total. O trabalho foi realizado em 27/10/80, sendo as injeções realizadas na entrada do túnel, na barragem de Antônio Dias e as detecções na sua saída, na barragem do Severo. Em cada injeção, colheu-se uma alíquota de 2cm³, para calibração da sonda utilizada na detecção, a qual foi realizada em laboratório.

Os resultados obtidos são apresentados no quadro abaixo:

TÚNEL 1

INJEÇÃO	u (m/s)	t (s)	Q (m ³ /s)	H1
1	1,64	1596	36,3	12:13
2	1,46	1793	34,5	12:53
3	1,36	1916	31,0	13:56
4	1,39	1876	35,6	14:50
5	1,47	1780	36,8	15:36

Os níveis d'água foram registrados durante todo o período experimental, na entrada e na saída do túnel. Observou-se, na barragem do Severo, uma variação importante de nível durante as medições, que, provavelmente, resultaram nas variações observadas nas vazões. Em relação ao método de traçadores, os dados obtidos foram de ótima

qualidade, o que permite prever que os valores das vazões estão corretos, dentro da precisão do método.

5. SEGUNDA CAMPANHA DE MEDIÇÕES

5.1 Trabalho Experimental

Em 18/02/81 foram efetuadas medições adicionais das vazões nas três turbinas, separadamente, e no túnel nº 2. Afim de se garantir a precisão das medições no túnel, optou-se por também utilizar o método pico-a-pico para esta parte do sistema. Como as secções no túnel não são conhecidas com boa precisão, o método utilizado foi a injeção simultânea do radioisótopo nas três adutoras e o registro dos picos nas turbinas. Pelo princípio da continuidade, a vazão no túnel foi obtida somando as vazões simultaneamente medidas nas adutoras. Desta maneira evitou-se introdução de erros de calibração e garantiu-se para o túnel a mesma alta precisão que se obtém nas medições nas adutoras. As pastilhas de traçador foram introduzidas nas adutoras, através dos suspiros, dentro de garrafas suspensas por gaiolas especiais e cabos de comprimentos medidos, tais que as garrafas apenas penetrassem nas adutoras. Os cabos elétricos das espoletas de dinamite foram unidos em um cabo comum. Ao se completar um minuto inteiro o cabo era contactado à chave de força e as três garrafas explodiam simultaneamente.

As medições individuais das vazões nas adutoras foram efetuadas de maneira idêntica às da primeira campanha, tal como descrito na secção anterior.

As injeções individuais nas adutoras foram realizadas no período de 13:20 a 15:40h; as injeções simultâ

neas no período de 16:00 e 18:30h.

5.2 Resultados

Os quadros a seguir indicam os valores medidos:

a) Injeções individuais:

ADUTORA	INJEÇÃO	HORA	u (m/s)	t (s)	Q (m ³ /s)
1	1	13:26	1,81	184	13,9
1	2	13:36	1,85	179	14,3
1	3	13:59	1,91	175	14,7
1	4	14:07	1,92	173	14,8
2	1	14:24	2,01	160	15,3
2	2	14:32	2,09	154	15,9
2	3	14:43	1,97	164	15,0
3	1	15:00	1,72	194	14,3
3	2	15:23	1,68	197	14,1
3	3	15:33	1,69	196	14,2

Os horários são apresentados na terceira coluna para facilitar a correlação com as medições de potência e perda de carga efetuadas pela ENGEVIX e ACESITA. Quanto a

este particular, é preciso observar que duas injeções não foram aproveitadas: uma na adutora 1 às 13:49h (seria a 3a. injeção nesta adutora se tivesse tido sucesso) e outra na Adutora 3 às 15:09h (seria a 2a. injeção nesta adutora). Nestas ocasiões, embora a injeção houvesse ocorrido, o sinal não foi acusado pelo detector. Acredita-se que, devido a algum obstáculo preso no suspiro, a garrafa tenha explodido fora da adutora.

Para obter-se resultados comparáveis, cada turbina, durante o período de sua medição, tinha sua potência gerada fixada em 14MWe. A variação de carga era então distribuída entre as 2 outras turbinas.

b) Injeções simultâneas:

Como foi dito, estes resultados permitem o cálculo da vazão no túnel nº 2 ao instante da medição. No quadro abaixo são apresentados os valores obtidos. As vazões medidas em cada uma das adutoras são denotadas por Q_1 , Q_2 e Q_3 , sendo então Q_T , a vazão no túnel nº 2 obtida pelo princípio da continuidade:

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

Obteve-se:

INJEÇÃO	HORA	Q_1 (m ³ /s)	Q_2 (m ³ /s)	Q_3 (m ³ /s)	Q_T (m ³ /s)
1	17:35	7,5	15,5	14,7	37,7
2	17:59	13,3	15,6	14,9	43,8
3	18:21	6,9	10,8	14,6	32,3

Infelizmente, também nesta série de medições, al gumas injeções não puderam ser aproveitadas.

A operação de descida das três garrafas revelou-se uma ordem de complexidade acima das operações correspondentes para as injeções individuais. É que, como as garrafas eram introduzidas sequencialmente nas adutoras, ocorreu que algumas daquelas, posicionadas no início, sofreram a ação enérgica do empuxo provocado pelas altas velocidades de fluxo nas adutoras por um tempo relativamente longo. Em alguns casos as tensões foram suficientes para desconectar a ligação entre as espoletas de dinamite e o cabo de alimentação, o que só pode ser constatado ao se recuperar as gaiolas.

Nestes casos, os pulsos registrados evidentemente não puderam ser utilizados para o cálculo de Q_T . Entretanto, eles são válidos como outras tantas medições adicionais das vazões nas turbinas em que as explosões ocorreram normalmente. Para que os resultados não fiquem completamente desperdiçados, eles são apresentados no quadro abaixo.

ADUTORA	HORA	u (m/s)	t (s)	Q (m ³ /s)
1	17:11	1,02	326	7,9
2	16:08	2,02	160	15,4
3	16:32	1,76	189	14,7
3	17:11	1,78	187	14,9

Também durante o decorrer destas medições a potência das máquinas e os níveis da água na barragem do Severo e nos Canais de fuga da usina foram anotados.

Durante o trabalho de medição do túnel, as turbinas 2 e 3 foram fixadas em 14MWe, ficando a turbina 1 em carregada de absorver as variações de carga. Na última injeção simultânea, realizada às 18:21, foi necessário deixar variar tanto a turbina 2 como a turbina 1. Isso aparece claramente na tabela que fornece as vazões medidas.

6. AGRADecIMENTOS

Agradecemos ao pessoal da Usina, especialmente aos Engenheiros Armando Anzi e João Bosco e ao encarregado da Usina, Sr. José Horta, o apoio que nos foi prestado durante a execução do trabalho de campo. O auxílio dado por outros componentes da equipe de trabalho da Usina foi também inestimável e merece nossa gratidão. Finalmente, agradecemos também aos técnicos e engenheiros da ENGEVIX que participaram do trabalho e colaboraram para que ele tivesse sucesso.

./jms.