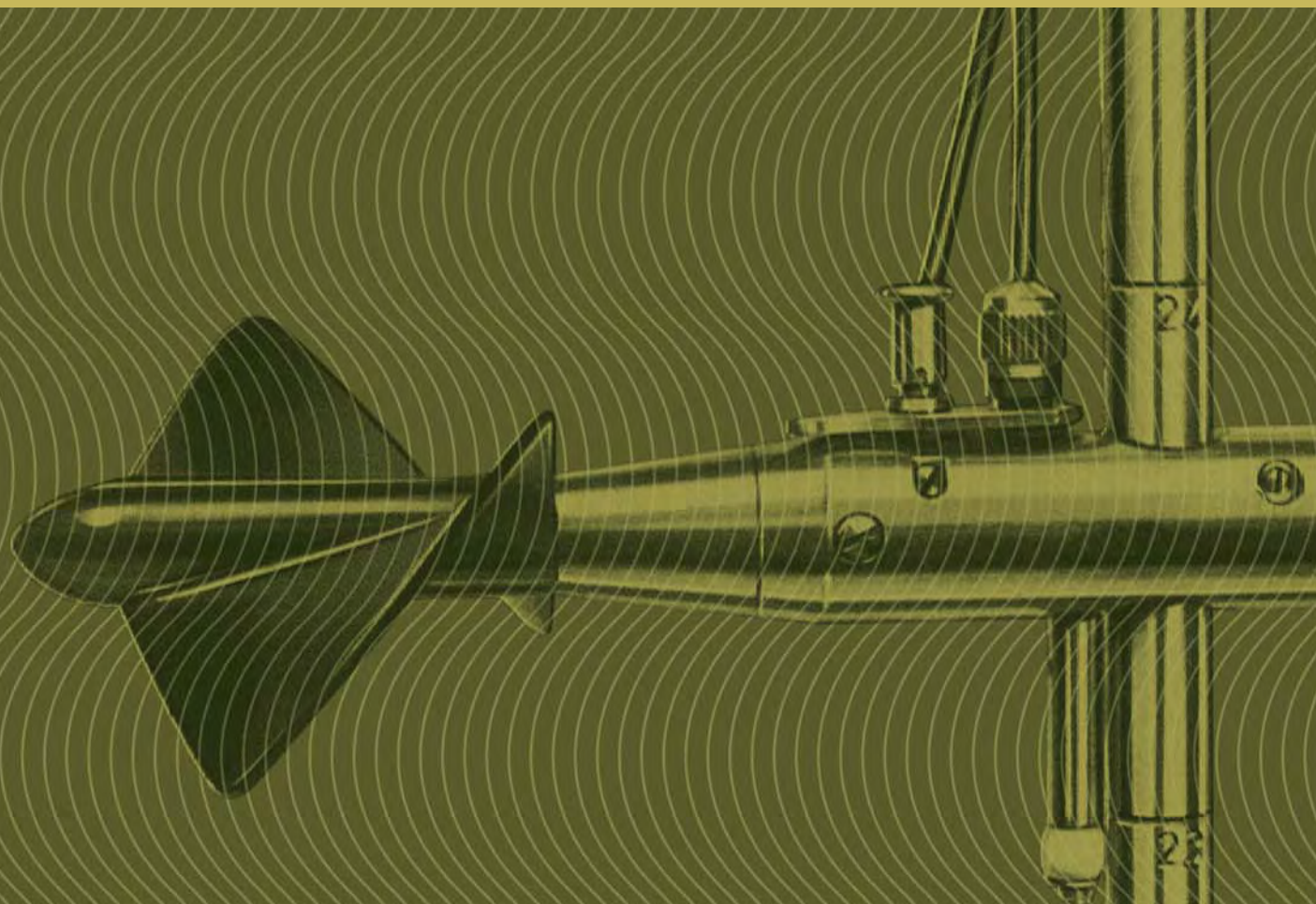


TÁGIDES

REFERÊNCIAS HISTÓRICAS DA MEDIÇÃO DAS ALTURAS HIDROMÉTRICAS E DOS CAUDAIS NOS CURSOS DE ÁGUA

João Mimoso Loureiro



ARH
T E J O

Administração da
Região Hidrográfica
do Tejo I.P.



MINISTÉRIO DO AMBIENTE,
DO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO
E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL

TÁGIDES

REFERÊNCIAS HISTÓRICAS
DA MEDIÇÃO DAS ALTURAS
HIDROMÉTRICAS E
DOS CAUDAIS NOS
CURSOS DE ÁGUA

João Mimoso Loureiro

APRESENTAÇÃO

A necessidade de medir caudais remonta aos tempos da antiguidade. Muito antes do Rei Salomão construir o seu Templo com a ajuda dos Mestres egípcios, já estes mediam a água no Nilo. Há mais de 3 mil anos o "nilómetro" constituiu a primeira escala conhecida de medida da altura da água num rio.

Este terceiro volume da colecção Tágides começa nesse tempo e percorre um longo caminho até há alguns anos. Dá-nos conta dos vários "nilómetros", escalas e estações limnimétricas e limnigráficas para medir alturas hidrométricas e, finalmente, dos vários métodos e instrumentos para medir a velocidade da água, como sejam os flutuadores, os primeiros instrumentos de pás rotativas, o "tubo de Pitot", a maquina do padre português Estêvão Cabral e os molinetes hidráulicos, que sofreram inúmeras modificações até à actualidade.

Folhear este livro, pelo seu texto e magníficas gravuras e fotografias de vários instrumentos e instalações em diversos rios nacionais, é perceber que os conceitos básicos da "hidrometria estão fortemente estabelecidos", não devendo por isso ser esquecidos.

Pese embora nos últimos anos tenha havido uma evolução muito significativa nos sensores de medição das variáveis hidrológicas, incluindo outras que não alturas hidrométricas e velocidade da água, e nos dispositivos de armazenamento de dados e de teletransmissão, o trabalho agora apresentado ganha ainda mais relevância histórica e evidencia a necessidade (ou o desafio) de um contínuo aperfeiçoamento dos métodos e tecnologias utilizadas.

Quem melhor que João Mimoso Loureiro para realizar o presente trabalho? Com este volume o autor deixa mais uma marca na "escala" da sua já longa folha bibliográfica nesta matéria.

Na linha e no propósito da colecção Tágides, com este 3.º volume, a ARH do Tejo, I.P. pretende deixar um traço na escala dos testemunhos que justificam a necessidade sempre actual de medir a água.

Vamos, pois, cumprir o nosso dever e, dignificando o passado, continuar a medir a água dos nossos rios.

Manuel Lacerda

(Presidente da Administração da Região Hidrográfica do Tejo, I.P.)

RESUMO

Uma breve história das experiências, das invenções e do longo caminho percorrido desde que as primeiras observações das alturas de água foram realizadas no rio Nilo (“nilómetros”), no tempo do Faraó Ménès (3 100 a.C.); a realização, por Heron de Alexandria – Dioptra (II a.C.), da medição do caudal de um “manancial” tendo em consideração a velocidade da água; as descrições, métodos e estimativas para a avaliação de caudais efectuados por Leonard da Vinci (1452-1519) e Edmé Mariotte (1620-1684) até à invenção das “maquinetas” de Henri Pitot (1695-1771), de Estêvão Cabral (1734-1811) e do correntómetro de Woltman (1757-1837) que vieram possibilitar a medição das velocidades duma corrente em qualquer ponto de uma secção, constituem este trabalho.

João Mimoso Loureiro

Hidrologista - ex-Director dos Serviços de Hidrologia da Direcção-Geral dos Recursos Naturais

ÍNDICE

010	NÍVEIS DE ÁGUA
018	MEDIÇÃO DE CAUDAIS - VELOCIDADES DA ÁGUA
023	CONSIDERAÇÕES
024	BIBLIOGRAFIA
026	ANEXOS A HIDROMETRIA EM PORTUGAL MEMÓRIA VISUAL DAS CIRCUNSCRIÇÕES HYDRÁULICAS - 1884 AO INSTITUTO NACIONAL DA ÁGUA - 1993
029	ANEXO I - NÍVEIS DE ÁGUA ESCALAS; ESTAÇÕES HIDROMÉTRICAS; DESCARREGADORES
065	ANEXO II - CAUDAIS E VELOCIDADES DA ÁGUA TACHOMETROS; MOLINETES HIDRÁULICOS; CONTADORES DE ROTAÇÕES
099	ANEXO III - TRANSPORTE SÓLIDO EM SUSPENSÃO E ARRASTAMENTO EQUIPAMENTOS DA ESTAÇÃO DE ÓMNIAS - SANTARÉM - RIO TEJO
110	ÍNDICE DE IMAGENS

NÍVEIS DE ÁGUA

“O Egípto é um presente do Nilo”

Heródoto (480-420 a.C.)

As primeiras indicações de observações e registo das variações dos níveis de água de uma corrente são referenciadas ao rio Nilo no tempo do Faraó Menés/Narmer (3 100 a.C.) que ao unificar o Alto e o Baixo Egípto permitiu estabelecer um sistema de hidro-metria aplicada para controlar as águas do rio, desde a primeira catarata imediatamente a sul da Ilha de Elefantina até ao Delta. A paleta de Narmer existente no Museu do Cairo evoca não só a unificação do Egípto mas também comprova a prática da escrita e da irrigação (IONS, 1968).

Este controlo era efectuado pela observação directa das variações dos níveis de água em estruturas constituídas por uma espécie de réguas gravadas e graduadas no interior ou exterior dos templos situados ao longo do rio Nilo (Kolupaila, 1961).

A estas estruturas foi dado o nome de “NILÓMETRO” pelo geógrafo grego Estrabão (64 a.C. – 21 d.C.) que acompanhou o romano Aeliuos Gallus ao Egípto (19 a.C.) (Bellido, 1945).

As unidades de leitura variaram conforme a época: 3 100 a.C. – heroglifos/Faraós; 30 a.C. – cúbico/Romanos; 642 – Pico/Árabes.

Mais de trinta nilómetros existiram no rio Nilo, sendo os mais importantes pela sua localização, construção, informação e utilização, o da Ilha de Elefantina, o do templo do Kom Ombo e o da Ilha de Roda, que curiosamente apresentam um tipo de estruturas bem diferenciadas e que chegaram em bom estado até aos nossos dias.

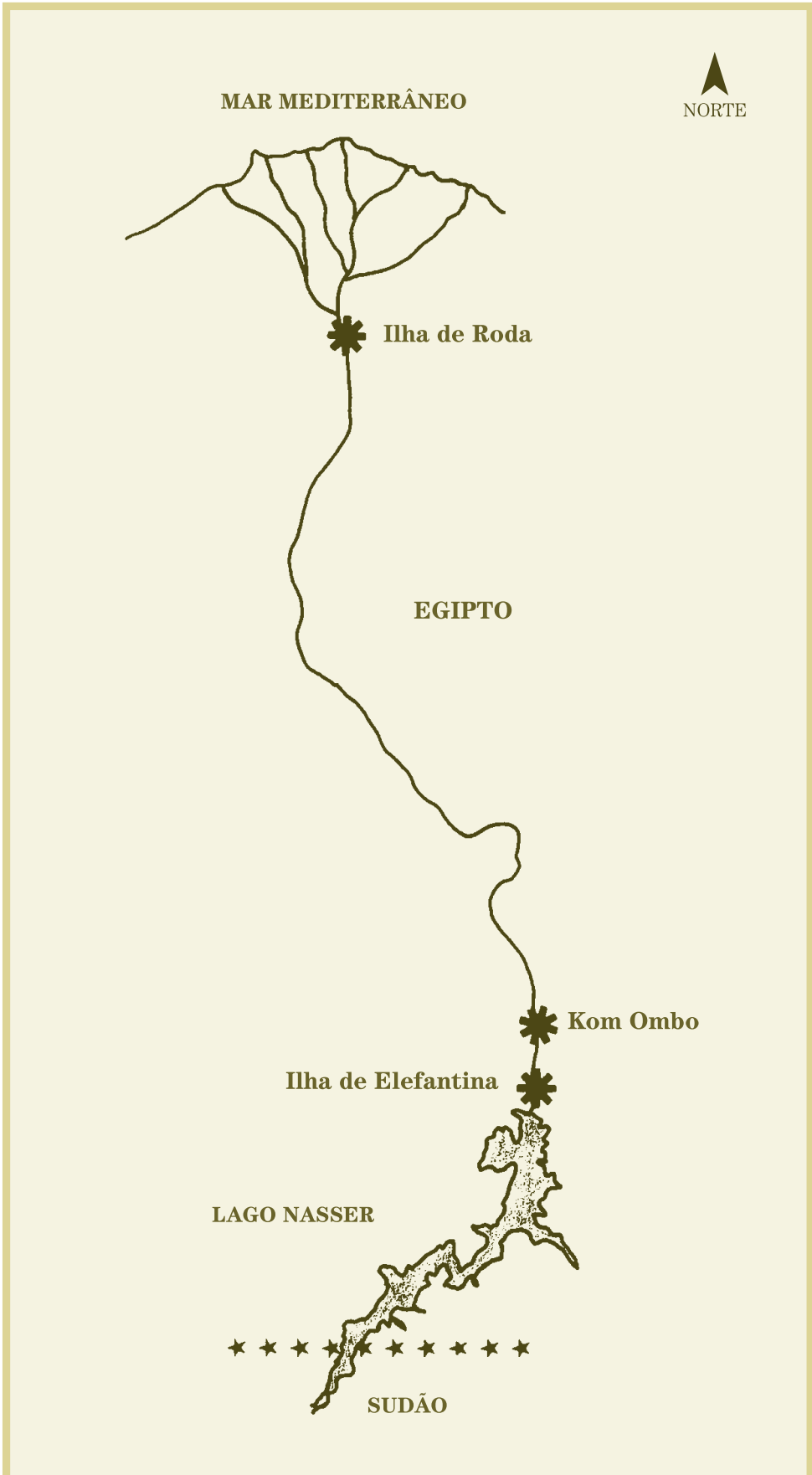


FIGURA 1 - RIO NILO



ILHA DE ELEFÂNTINA - NILÓMETRO



RIBEIRA DE ODELEITE - ESCALAS

FIGURA 2 - NILÓMETRO E ESCALA POR TROÇOS

ILHA DE ELEFANTINA

O nilómetro situado no sul da ilha, conhecida primitivamente por “Yeb” que significava elefante na Núbia, foi associado ao deus Khnum cujo templo foi mandado construir pelo sacerdote Nectanebo (400 a.C.). O nilómetro foi reconstruído pelos Romanos (Ions 1968).

TEMPLO DE KOM OMBO

O nilómetro encontra-se instalado no templo dedicado ao deus Crocodilo, tendo sido construído no tempo do Faraó Tutmósis III (1 500 a.C. – 1 450 a.C.) e reconstruído na época ptolomaica (200 a.C.). A comunicação do poço com o rio – tubo adutor – encontra-se obstruída. (Egypcian SIS 2000; Loureiro 1985)

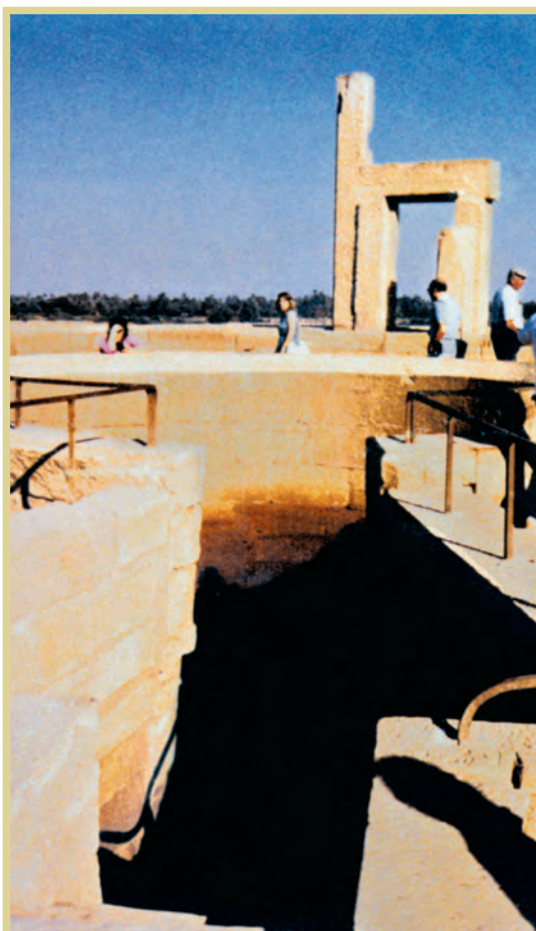
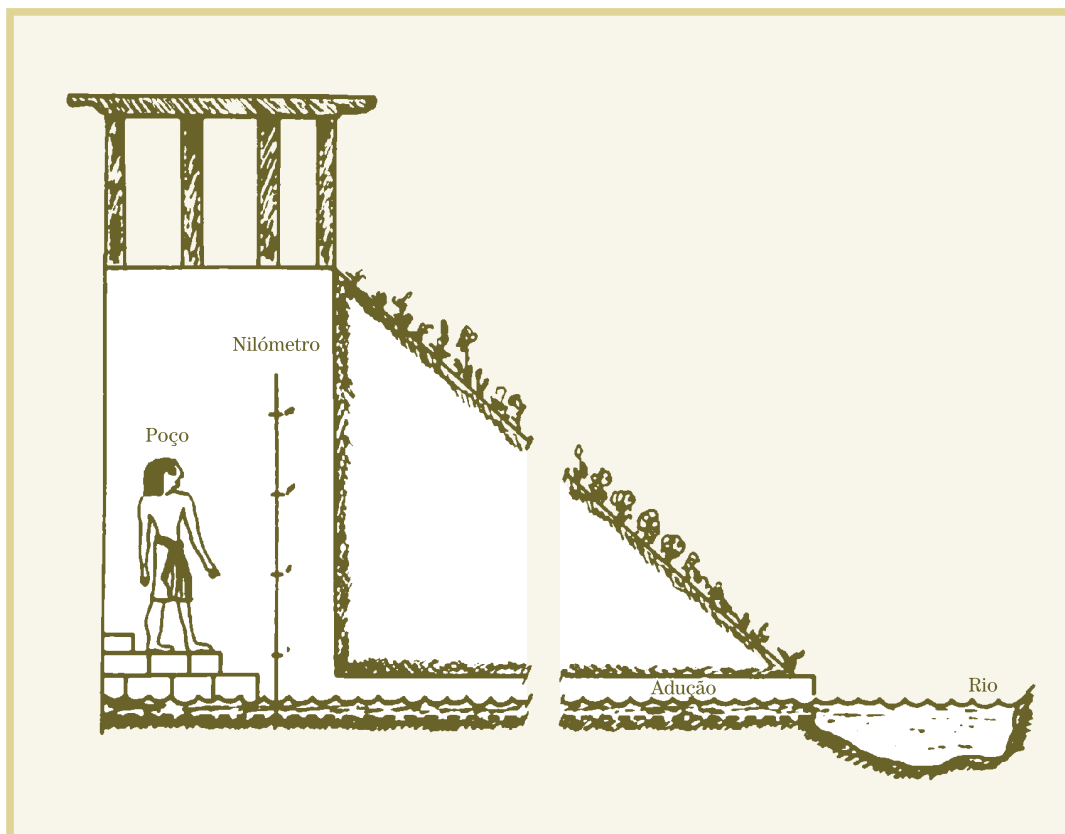
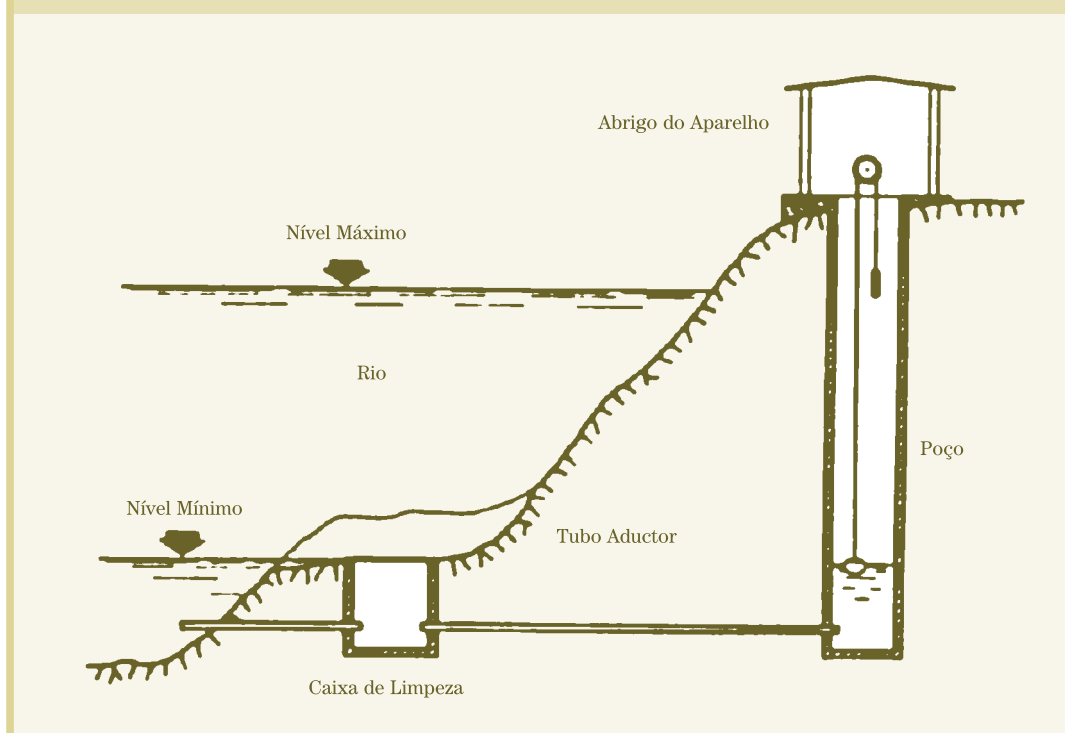


FIGURA 3 - TEMPLO DE KOM OMBO
NILÓMETRO



NILÓMETRO DE KOM OMBO



ESTAÇÃO LIMNIGRÁFICA TIPO

FIGURA 4 - ESQUEMA DO FUNCIONAMENTO DO NILÓMETRO DE KOM OMBO E DE UMA ESTAÇÃO LIMNIGRÁFICA DE POÇO

ILHA DE RODA

É o mais famoso nilómetro e encontra-se situado na ilha de Roda em frente de Giseh perto do Cairo.

De acordo com a lenda, o nilómetro de Mikyas foi primitivamente construído pelo patriarca José quando era ministro do Faraó Amenófis IV nos

tempos bíblicos de 1 500 a.C. e referenciado nos monumentos egípcios, como por exemplo no túmulo de Tell Amarna (Capuchinhos, 1982).

Reconstruído pelos árabes, a primeira referência assinalável do nilómetro tem lugar no ano de 715 durante o reinado do califa al-Malek.

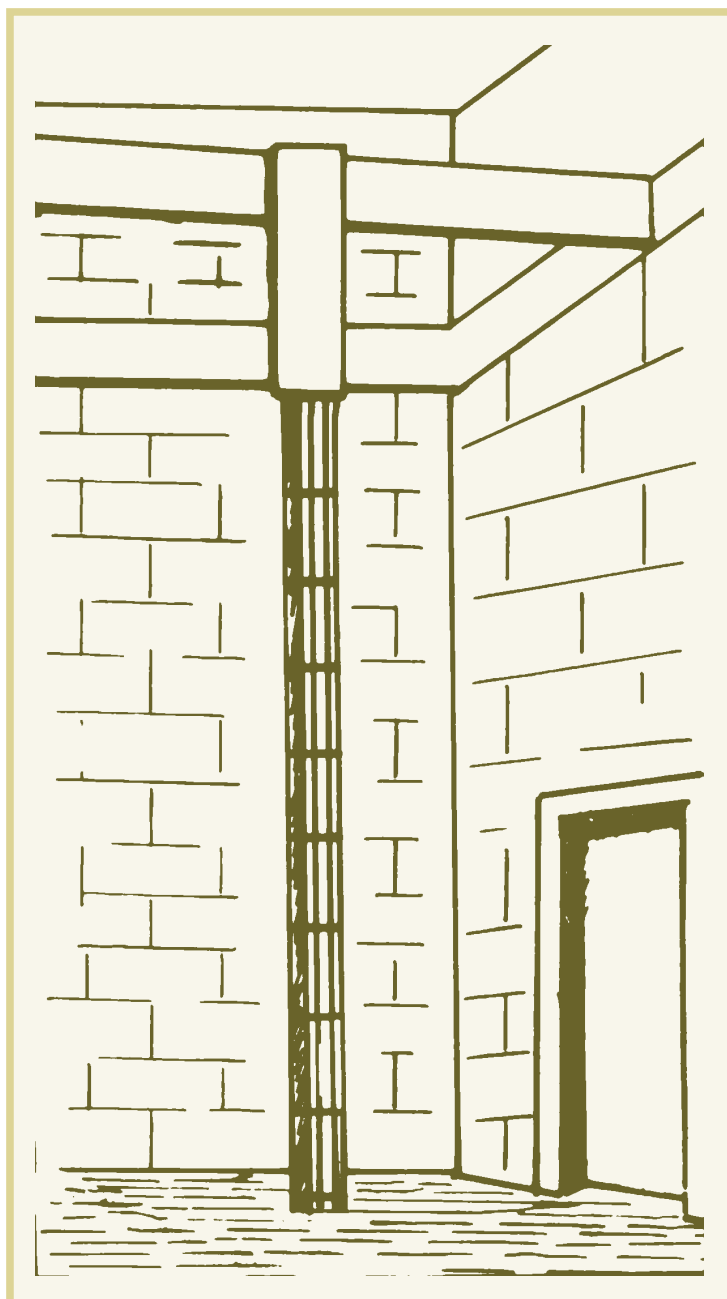


FIGURA 5 - ESQUEMA DO NILÓMETRO DA ILHA DE RODA

Foi restaurado no ano de 815 e desmoronou-se durante uma cheia excepcional no ano de 850.

Reconstruído em 860 e restaurado em 1092 sobreviveu apesar de diversos incidentes até 1798 (Expedição de Napoleão Bonaparte) época em que foi destruído devido à guerra.

Foi posteriormente reconstruído (Egyptian S.I.S., 2000).

A sua instalação é constituída por um tanque rectangular com comunicação ao rio, tendo no centro um pilar em mármore de forma octogonal com divisões gravadas a partir dos quais é possível observar a subida das águas fluviais.

As leituras dos níveis de água nos nilómetros eram, no tempo dos Faraós supervisionadas pelos sacerdotes dos templos e faziam parte dos ritos religiosos.

Baixos relevos encontrados, mostram-nos tabelas correlacionando os níveis de água dos nilómetros e as épocas do ano que serviam não só para a indicação do calendário das sementeiras mas também para a avaliação dos impostos a cobrar. (Egyptian S.I.S., 2000).

A transcrição de parte de: "Breve notícia da origem, corrente, crescimento e inundações do rio Nilo e da causa porque sucedeu nos tais meses. Feito pelo P^e Jerónimo Lobo da Companhia de Jesus que viu, andou e observou estas cousas no anno de 1626" relacionada com o nilómetro da Ilha de Roda na época árabe.

.....Chegado pois o rio Nilo com suas agoas ao muro que lava do gram Cairo entra de caminho em hua grande casa ou logea da torre que no muro está levantada na qual estam certos sinais abertos na parede a que chamam Picos para por elles verem quanto as agoas cresem cada dia, porque estam postos de alto a baixo nella e porque as agoas do Nilo sam

toda a esperança da fertilidade e sustendo daquelle reino he obrigaçam, por ordem do Baxá e do Senado, que todos os dias à noite se lance pergam em todas as ruas e paragens daquelle grande cidade de quantos picos cobrio a agoa naquelle dia porque só della pende a esperança do Egypto e sua fertelidade. Donde vem o ditado antigo que os de Egypto, nunca olhão para o ceo donde toda a outra gente espera a chuva a qual iamais caie nas campinas do Egypto para as fertelisar, só das agoas do Nilo depende sua fartura. A este respeito tanto que o pergoeiro declara os Picos que a agoa cobrio aquelle dia, enquanto nam chegam a 16 estam suspensos com receio de lhes faltar a fertilidade de seos campos por ser pouca a enundaçam dellas, porem chegando a 16 fiquam alegres por a terem mais certa e vaj crescendo a alegria com as agoas que nos Picos crecem e isto athe se cobrirem 22 athe 23 e dahi avante começam a entrar em receios que a enchente nam passe de 25 Picos, chegando porem e crescendo avante he a tristesa e desconfiança grande pello grande excesso das agoas, nam dando o tempo lugar a se secarem os campos e poderem lavrar e semea-los para colherem o fruto de que vivem.

mostra-nos o estado, o conhecimento e a evolução da informação hidrológica no Egipto (Lobo, 1626/1971). Comparando as instalações atrás descritas com as correspondentes na actualidade, verificamos que existe uma grande identidade entre os nilómetros, as escalas e as estações limnigráficas como se pode observar nas Figuras 2, 3 e 4.

A grande inovação ocorreu no início do século XVIII com o aparecimento do sistema de registo "automático" (Leupold, 1726) que veio permitir a avaliação contínua e posteriormente o registo gráfico dos níveis de água (L'Hôte, 1990). FIGURA 6

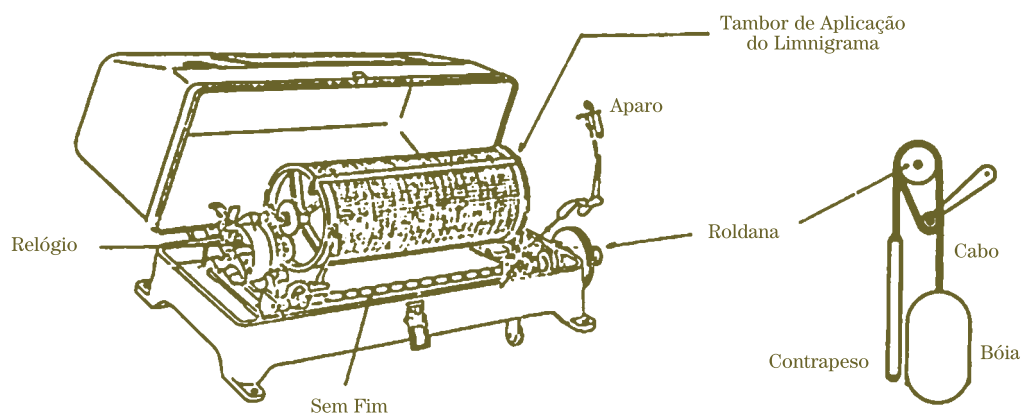


FIGURA 6 - REGISTRADOR (LIMNÍGRAFO)

De referenciar a adopção do sistema métrico em Portugal a partir de 20 de Junho de 1859 (Fontes Pereira de Mello) o que conduziu a gradação das escalas em centímetros.

No quadro I apresenta-se a conversão das medidas antigas em metros (Henriques, 1863; Trigozo, 1815).

Braça	Toesa	Passo Geomet.	Varas	Covado	Pés	Palmos	Polleg.	Linhas	Pontos	Metros
1			2	1		10	80	960	11520	2,20022
	1				6		72	864	10368	1,980198
		1			5		60	720	8640	1,650165
			1			5	40	480	5760	1,10011
				1		8	24	288	3456	0,660066
					1		12	144	1728	0,330033
						1	8	96	1152	0,220022
							1	12	144	0,0275028
								1	12	0,00229189 58562523
									1	0,00019099 132135436

QUADRO I - CONVERSÃO DAS MEDIDAS ANTIGAS EM METROS

MEDIÇÃO DE CAUDAIS – VELOCIDADES DA ÁGUA

“Ele construiu.....

A sua abóbada sobre a terra. Ele chama as águas do mar e derrama-as sobre a face da terra. O Senhor é o seu nome”

Amos V-8 (800 a.C.)
Livros proféticos

“Todos os rios entram no mar e o mar não transborda.

Vão desaguar no lugar donde saíram, para tornarem a correr.”

Eclesiastes. P. 7 (975 a. C.)
Livros Didáticos

Antigo Testamento (Capuchinhos, 1982)

A primeira instrução escrita para a medição do caudal de um rio pode atribuir-se a Heron de Alexandria, génio no domínio da técnica e das ciências naturais, que viveu no século II a.C., cujos escritos nos dão uma ideia do conhecimento que a antiguidade teve das leis naturais, e das realizações a que chegou no domínio da técnica.

Na seguinte passagem da “Dioptre”, Heron escreve o que se pode considerar a mais antiga estimativa de quantificação do escoamento dum curso de água (Kazmann, 1969).

“tendo uma corrente, determinar o seu escoamento, ou seja, a quantidade de água que passa

..... É necessário então fechar completamente a água da corrente, para que nenhuma parte escorra em qualquer ponto e construir um tubo de chumbo de secção transversal rectangular.

Deve ter-se cuidado de fazer as dimensões do tubo muito maiores que as da corrente de água. Depois deve colocar-se o tubo num lugar em que a água da corrente escorra por ele.

A água que corre através do tubo cobrirá então uma porção da secção transversal do tubo na sua boca de saída. Se esta quantidade é, por exemplo, de 2 dígitos, supondo-se que a largura

do tubo é de 6 dígitos - $6 \times 2 = 12$ – o escoamento da corrente é então de 12 dígitos.

Deve notar-se que, com o objectivo de conhecer quanta água proporciona a corrente, não é suficiente encontrar a área de secção transversal do escoamento, que neste caso dizemos que é de 12 dígitos quadrados. Também é necessário encontrar a velocidade do escoamento, porque quanto mais rápido é o dito escoamento, mais água proporciona a corrente e quando a velocidade é mais lenta, esta quantidade de água é menor.

Em consequência, deve-se escavar um depósito a jusante do local e anotar com o auxílio de um relógio de sol, quanta água entra no depósito num dado tempo, e calcular, assim, quanta água escorrerá num dia.

Consequentemente, não é necessário medir a água da secção transversal da corrente, porque a quantidade de água caída, ficará, claramente, definida pela medição do tempo”.

Durante o período romano o avanço das ciências da água e sobretudo as suas realizações não tem paralelo com outras civilizações.

Os conhecimentos para projectar e realizar as obras para o abastecimento e distribuição da água às populações através da construção de barragens, aquedutos, torres de água, sifões mostram-nos até que ponto dominavam as técnicas hidráulicas.

Um exemplo destas realizações é o abastecimento de água a Mérida (Augusta Emerita) através da Barragem de Proserpina e do Aqueduto dos Milagros que se ilustram nas figuras 7 e 8.



FIGURA 7 - BARRAGEM DE PROSERPINA (SÉCULO II A.C.) - RIO PARDILLAS (Cortesia de Mérida-Consórcio)

Simultaneamente a estas realizações convém não esquecer o acompanhamento científico das ciências da água pelo poeta Lucrécio (98-55 a.C.) “De Natura Rerum” e de Vitruvius (I a.C.) engenheiro militar “De Architectura”.

Os avanços técnicos no período renascentista tem como referência Leonardo da Vinci (1452-1519) que determina a velocidade de um curso de água através de flutuadores, tendo já a noção que quanto maior era a inclinação maior era a velocidade da água.

1650

Em 1650 Edmé Mariotte (1620-1684) calcula o escoamento do rio Sena em Paris em que o método para a medição das velocidades foi o da utilização de flutuadores de cera lastrados.

1683

O primeiro passo para o aparecimento dos molinetes hidráulicos foi dado em 1683 pelo inglês Robert Hooke ao inventar um instrumento de pás rotativas com duas ou mais lâminas girando em redor de um eixo horizontal, que utilizou na medição da velocidade do vento.

1724

Vários desenhos deste invento precursor dos molinetes hidráulicos foram publicados em 1724 por J. Leopold no *Theatrum Machinarum Generale*. (Loureiro 1983)

1732

Em 1732 Henry Pitot (1695-1771) descreve e constrói um instrumento o “tubo de Pitot” para medir a velocidade de uma corrente em diferentes pontos de uma secção.

1752

O mesmo princípio foi sugerido em 1752 pelo alemão C.G. Schober, sendo a sua aplicação efectuada em 1767 por Francesco Domenico Michelotti; 1786 por Pierre-Louis – Georges du Buat e 1823 por António Sempiterni Tolotti.

1786

Em 1786 Estêvão Cabral (1734-1811) constrói uma maquina que permite medir velocidades em qualquer profundidade da corrente e verifica que a velocidade do escoamento cresce com a profundidade desde a superfície livre até atingir um máximo, para depois diminuir até ao fundo. **FIGURA 9**

1790

Em 1790 Reinhard Woltman modificou os sistemas anteriores e introduziu-lhes alterações que tornaram possível efectuar medições da velocidade da água abaixo da superfície. **FIGURA 10**

Este tipo de molinete hidráulico de hélice (eixo horizontal) foi desenvolvido por A. Baumgarten, L. Trevinarus, J. Amsler-Laffon, A. OOT, A. Fletey, E. Haskell, S. Hajós, W. Albrecht, E. Hoft, H. Dumas e muitos outros durante os Séculos XIX e XX. (Hogan 1922)

O molinete hidráulico de copos (eixo vertical), foi utilizado pela primeira vez na medição dos cursos de água pelo americano D. F. Henry em 1867 e não foi mais que a adaptação do anemómetro para medir a velocidade do vento que em 1850 T.R. Robinson havia idealizado.

O desenvolvimento deste tipo de instrumentos deve-se a G. Elis, W.G. Price, E. G. Paul e A. H. Frazier. (Troskolanski, 1960)

Contudo, o molinete hidráulico de eixo vertical, mas de pás, foi utilizado pela primeira vez em 1806 por F. Focacci em Itália.



FIGURA 8 - AQUEDUTO DOS MILAGROS (SÉCULO I A.C.) (Cortesia de Mérida-Consórcio)

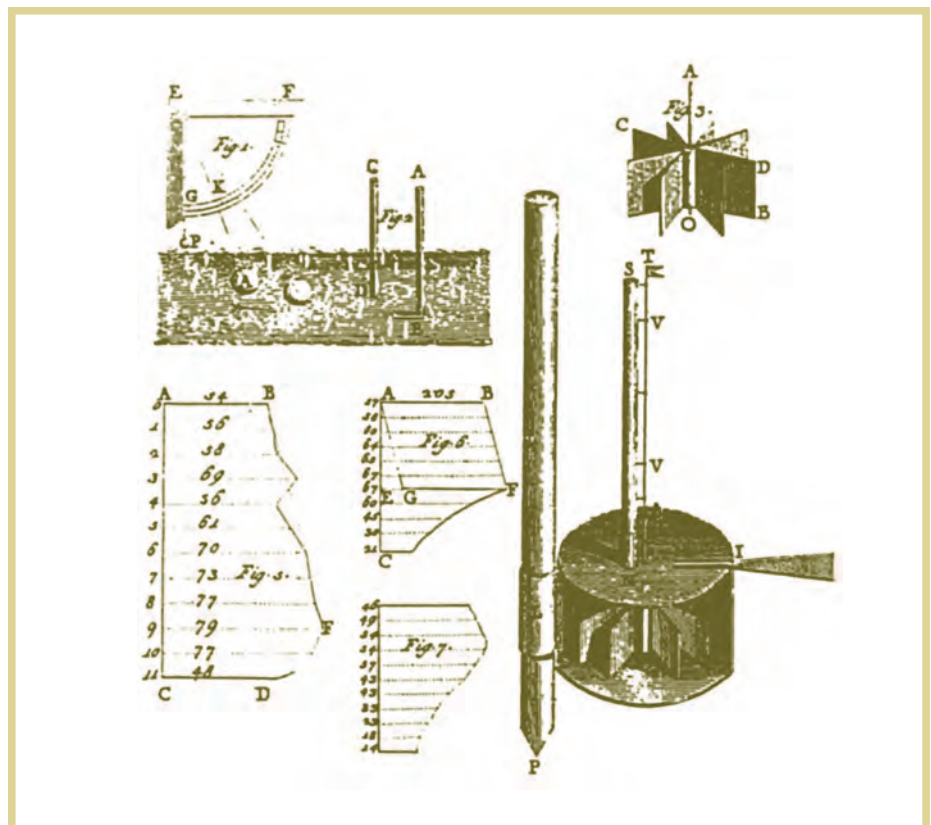


FIGURA 9 - MAQUINETA DE ESTÊVÃO CABRAL (1786) (24)

Estes dois tipos fundamentais de instrumentos sofreram até à actualidade inúmeras modificações, tendo aparecido vários modelos de diversos fabricantes; a fase de transição mais importante foi a introdução do circuito eléctrico, por M. Ruhlmann em 1873, que ocasionou a construção por Amsler-Laffon de um molinete com contactos eléctricos, e um indicador operado por um electromagneto.

Em 1883, A. Ott faz a descrição e dá directizes para o uso do molinete com transmissão eléctrica das rotações, segundo um desenho de Harlacher de Praga e em 1896 E. Kruger sugere a indicação de cada rotação através de um sinal eléctrico. (Kruger, 1896)

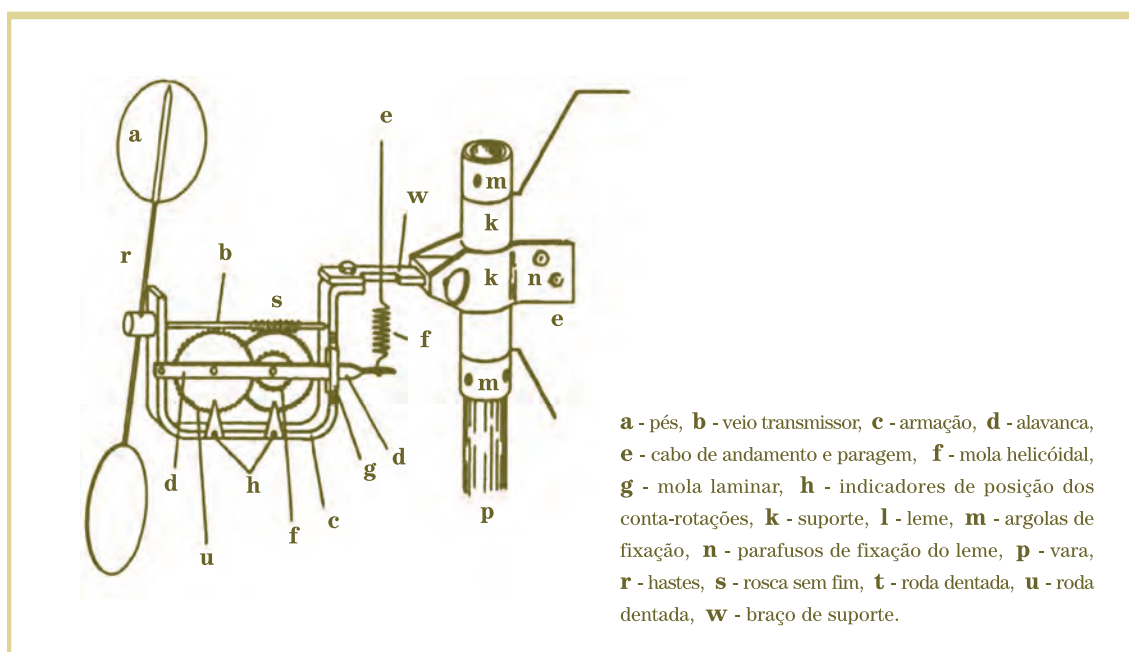
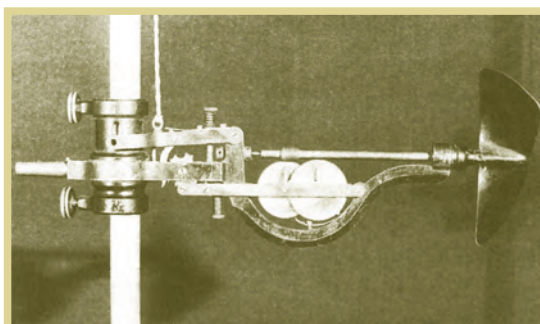
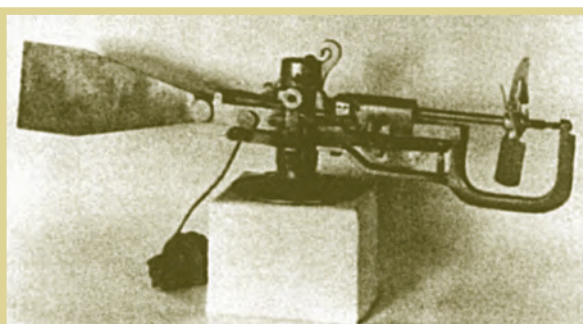


FIGURA 10 - CORRENTÓMETRO DE WOLTMAN (1790) (19)



AMSLER - LAFFON (1870)



A. OTT (1885)

FIGURA 11 - MOLINETES MECÂNICOS - TACHÓMETROS

CONSIDERAÇÕES

Ao terminar esta resenha histórica no século XVIII teve-se em consideração que os fundamentos e os conceitos na hidrometria estão fortemente estabelecidos e não sofreram alterações de fundo na sua essência até aos nossos dias.

A identidade entre as estruturas e os métodos de avaliação dos níveis de água, bem como o sistema base do funcionamento dos instrumentos da medição das velocidades da água e do método de cálculo de caudais (área/velocidade) a partir do século XVIII até hoje, somente sofreram em nossa opinião, alterações e avanços significativos, na qualidade do tipo de materiais, na precisão e facilidade de operação proporcionadas pela evolução dos meios tecnológicos.

Lisboa, Fevereiro 2003

BIBLIOGRAFIA

1. BELLIDO, A. Garcia, 1945, España y los Españoles hace dos mil años según la geografía de Strábon. Madrid
2. Capuchinhos, P.P.P. Missionários, 1982, Bíblia Sagrada, Difusora Bíblia, Lisboa
3. CIRUJEDA GUARDIOLA, J., 1972, Apuntes de hidrometria, Curso Internacional de Hidrologia General y Aplicada. Centro de Estudios Hidrográficos. Madrid
4. DUNAN, Marcel, 1968, Ancient and Medieval History. Paul Hamlyn. London
5. GRAY, John, 1969, Near Eastern Mythology, Paul Hamlyn. Middlesex.
6. GRIMBERG, C., 1963, Histoire Universelle, Vol. 1, Marabout Université. Stockholm
7. HENRIQUES, Manoel G., 1863, Tratado Completo do Novo Sistema Legal de Pesos e Medidas. Editora François Lalemant. Lisboa
8. HIPÓLITO, J., LOUREIRO, J. M., 1988, Analysis of some velocity – area methods for calculating open channel flow, Hydrological Sciences – Journal des Sciences Hydrologiques, 33.3, Wallingford
9. HOGAN, M. A., 1922, Current meters for use in river Gauging. Majesty's Stationery Office, Londres
10. HUYGHE, René, 1967, Prehistoric and ancient art. Larousse Encyclopedia. Paul Hamlyn. London
11. HUYGHE, René, 1967, Renaissance and Baroque art. Paul Hamlyn. London
12. IONS, Veronica, 1968, Egyptian Mythology, Paul Hamlyn. Middlesex.
13. KAZMANN, R. G., 1969, Hidrologia Moderna, CECSA, S. Paulo
14. KOLUPAILA, S., 1961, Bibliography of Hydrometry, University of Notre Dame Press, Indiana
15. KRÜGER, E., 1896, Die Verwendung von Undrehungszählern am. Woltmannschen flugel centrublatt der Bauverwaltung, Berlin
16. L'HÔTE, Y., 1990, Historique du concept de cycle de l'eau et des premières mesures hydrologiques en Europe. Hydrologie Continentale, Vol. 5, n° 1. Paris

17. LOBO, Jerónimo, 1626/1971, Itinerário e outros escritos inéditos. Edição criticada pelo Pe M. Gonçalves da Costa. Livraria Civilização, Editora. Lisboa
18. LOUREIRO, J. M., KOWALCZAK, P., 1980, Mlynar Hidrometryczny. Geneza itrozwój. Gazeta Obserwatora – IMW – 9, Warsóvia
19. LOUREIRO, J. M., 1983, Manual de Instrumentos Hidrometeorológicos. Direcção-Geral dos Recursos e Aproveitamentos Hidráulicos/UNESCO, Lisboa
20. LOUREIRO, J. M., 1998, História das medições das velocidades e dos caudais nos cursos de água. Conferência no Curso Master en Hidrologia General y Aplicada. Cedex, Madrid
21. LOUREIRO, M. Regina e M. Graça, 1985, Anotações de uma viagem ao Egipto, Lisboa
22. MÉRIDA-Consórcio, 2003, Ciudad Monumental, Histórico y Arqueologia, Mérida
23. ORLOVA, V. V., 1974, “Hidrometria”. Gedrometeojzdat, Leninegrado
24. QUINTELA, A. C., LOUREIRO, J. M., 1986, Estêvão Cabral, pioneiro na hidrometria de rios. Revista da Associação Portuguesa de Recursos Hídricos, Vol. 8, nº 3, Lisboa
25. RECLUS, Élisée, 1877, Nouvelle Géographie Universelle. La Terre et les Hommes. Libraire Hachette. Paris
26. TEMEZ PELAEZ, J. R., 1973, Sintesis de Hidrologia Aplicada. Centro de Estudios Hidrograficos, Cedex, Madrid
27. THE EGYPTIAN State Information Service, 2000. The River Nilo, Cairo
28. TRIGOZO, Sebastião F. M., 1815, Memória sobre os pesos e medidas portuguesas e sobre a Introdução do systema metro-decimal, Memórias económicas da Academia Real das Sciencias. Tomo V. Lisboa
29. TROSKOLANSKI, A. T., 1960, Hydrometry, Theory and Practice of Hydraulic Measurements. Pergamon Press, Londres
30. WELLS, H. G., 1970, História Universal, Vol. II, Codil, S. Paulo

ANEXOS
A HIDROMETRIA EM PORTUGAL
MEMÓRIA VISUAL
DAS CIRCUNSCRIÇÕES HYDRÁULICAS - 1884
AO INSTITUTO NACIONAL DA ÁGUA - 1993

ANEXO I
NÍVEIS DE ÁGUA
ESCALAS; ESTAÇÕES
HIDROMÉTRICAS E
DESCARREGADORES



1





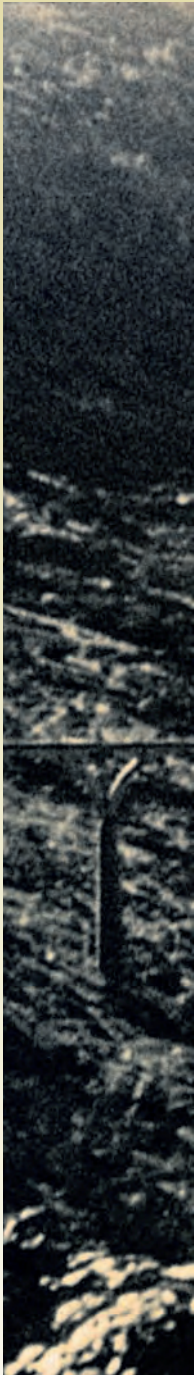
3





5









9









12

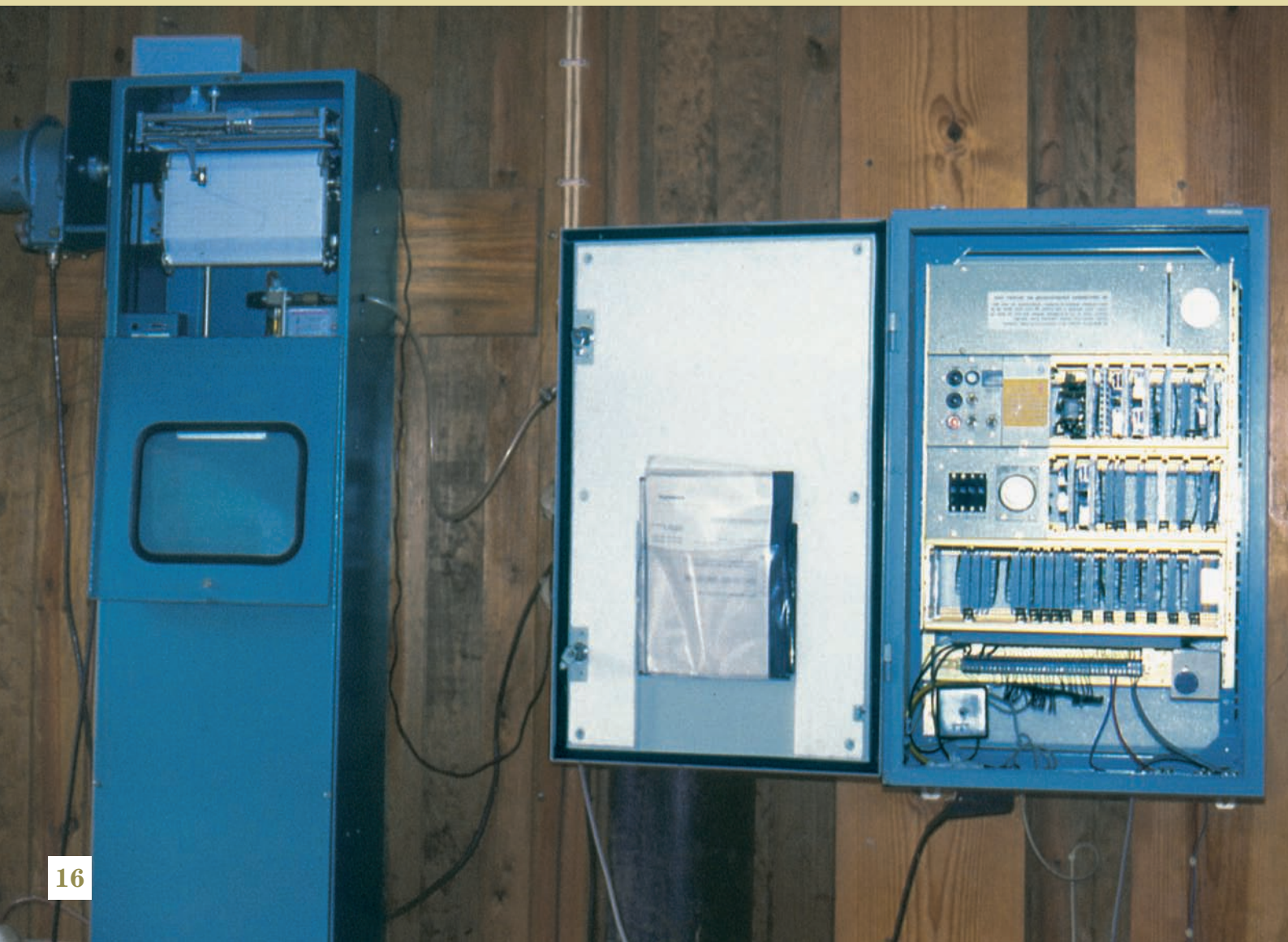












16





18







20







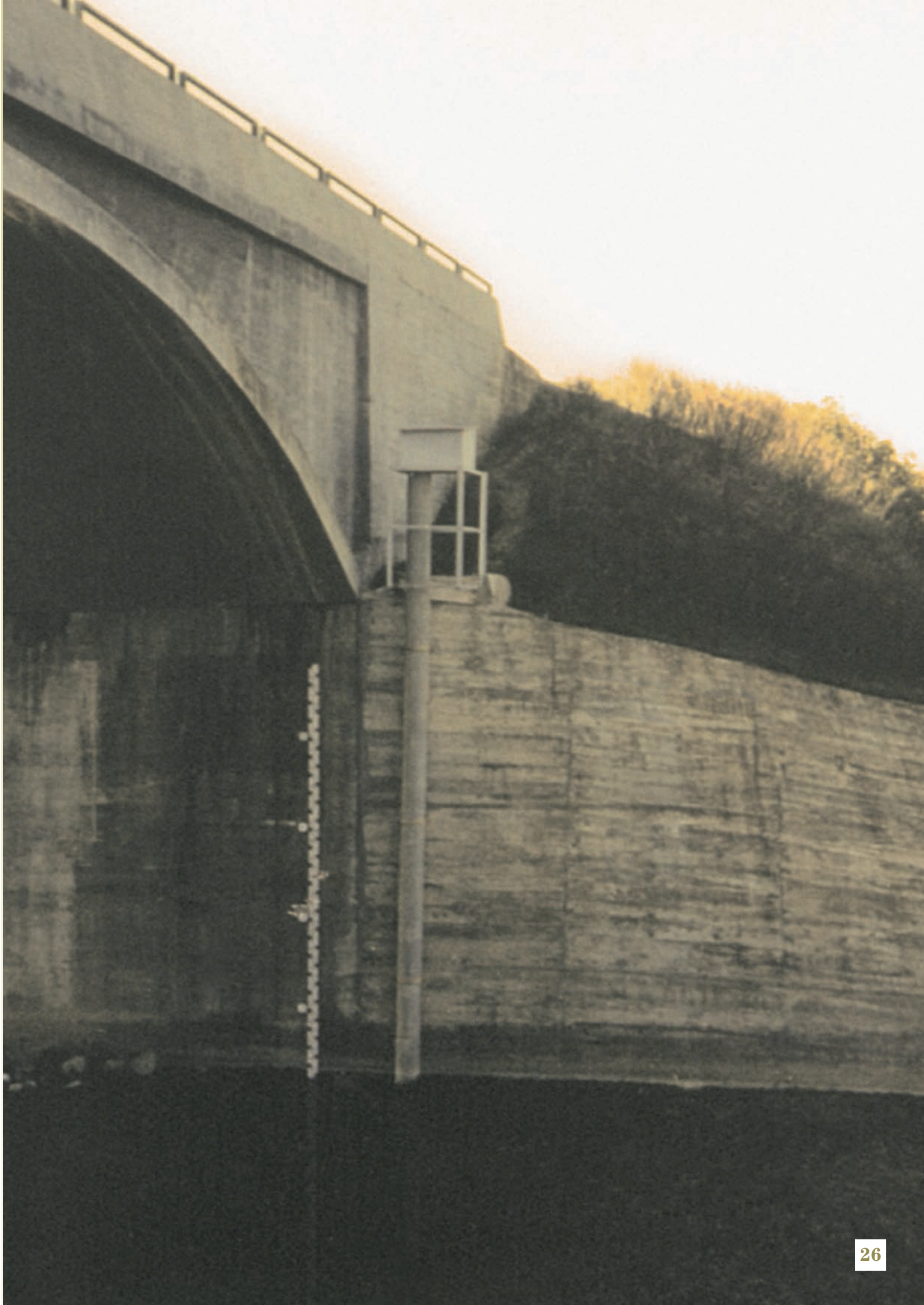


23

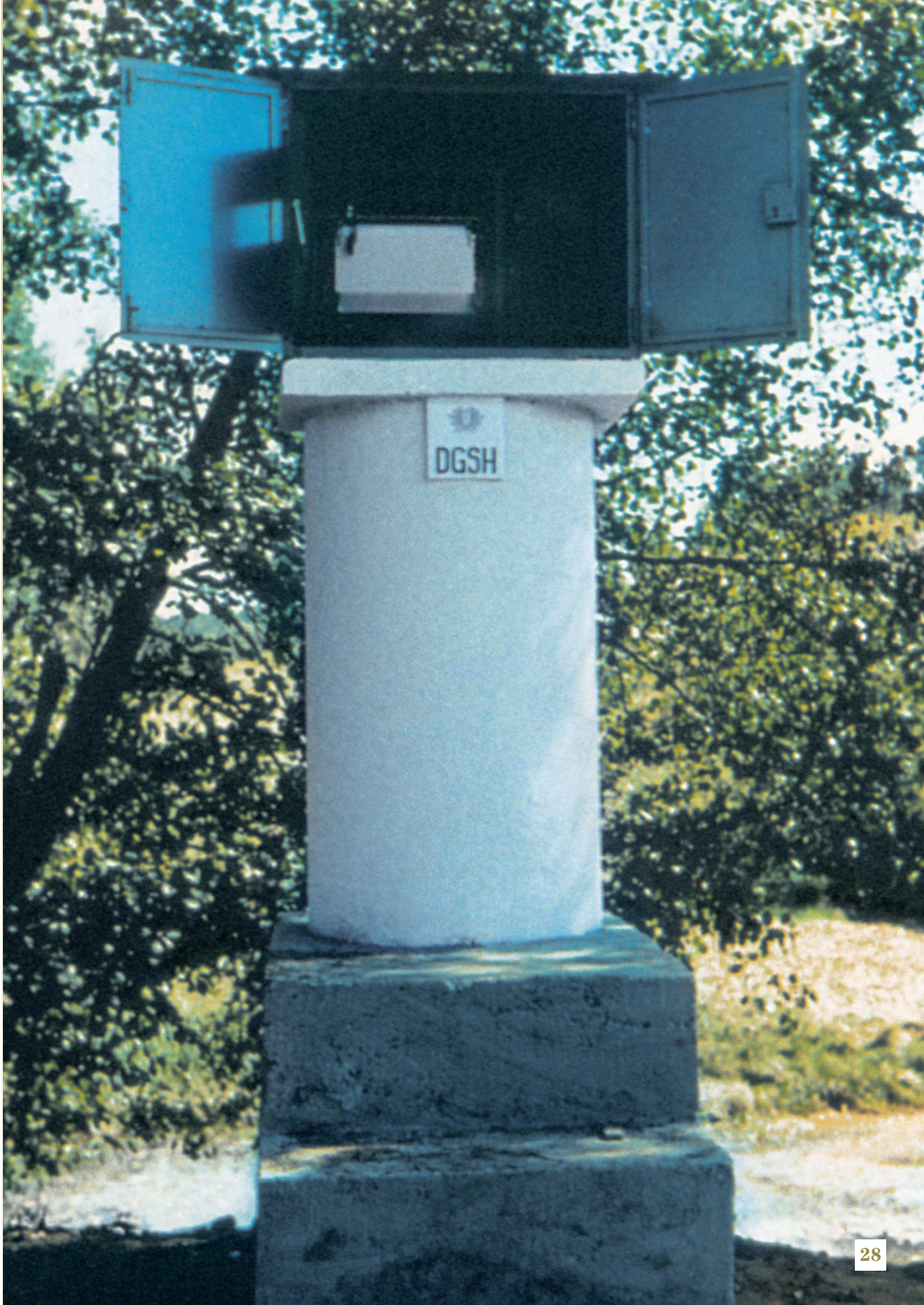




25



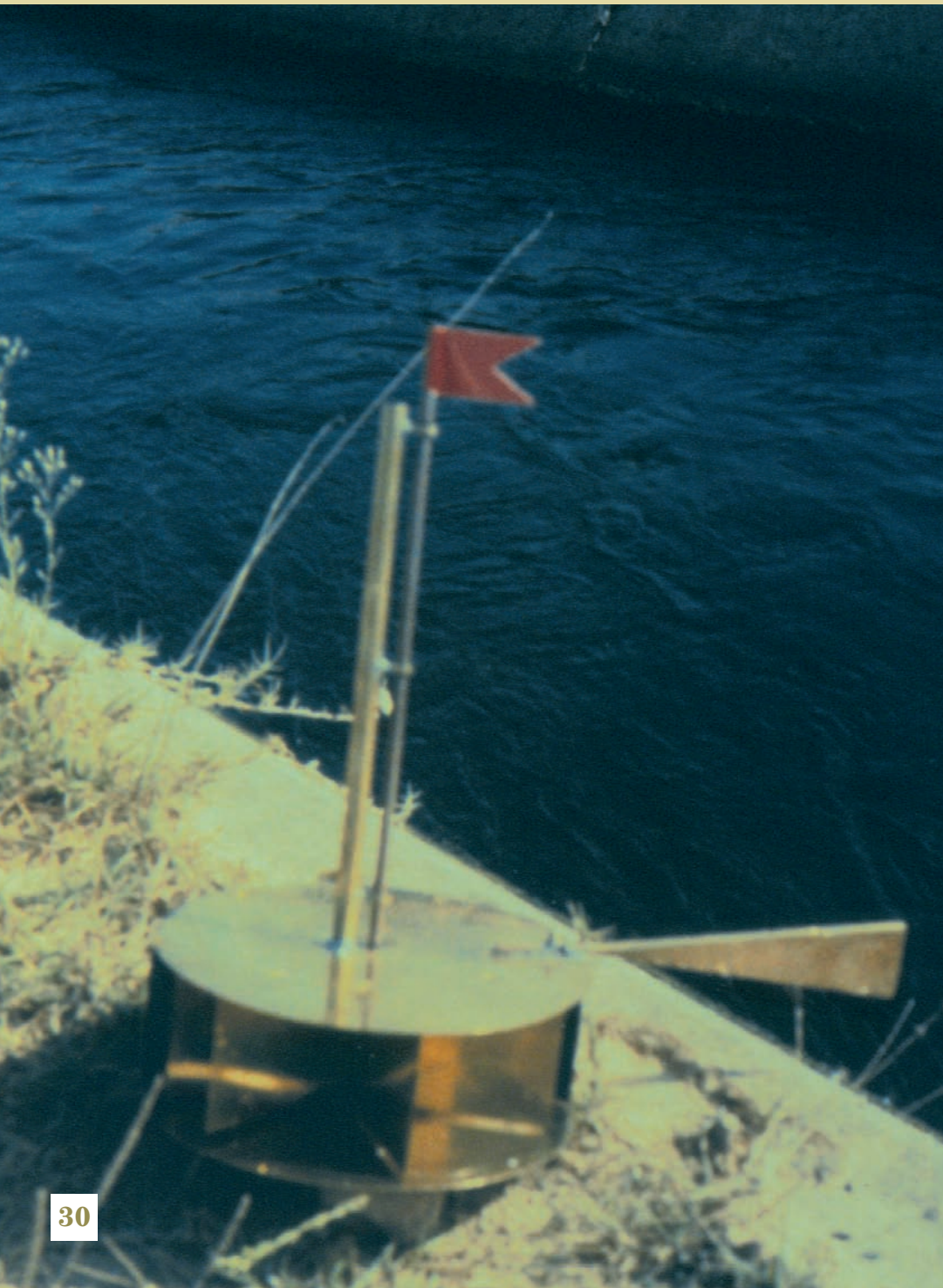




DGSH

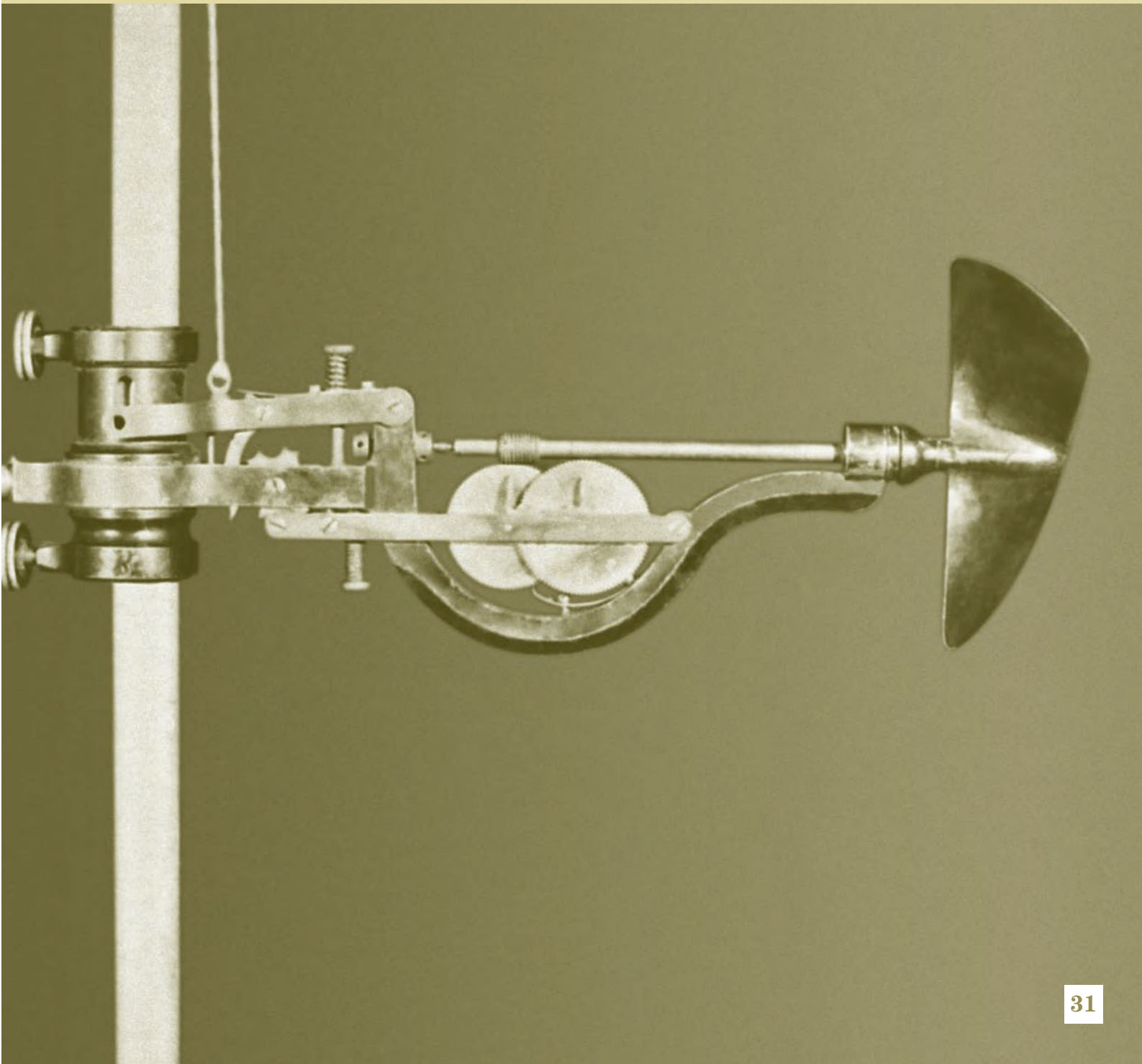


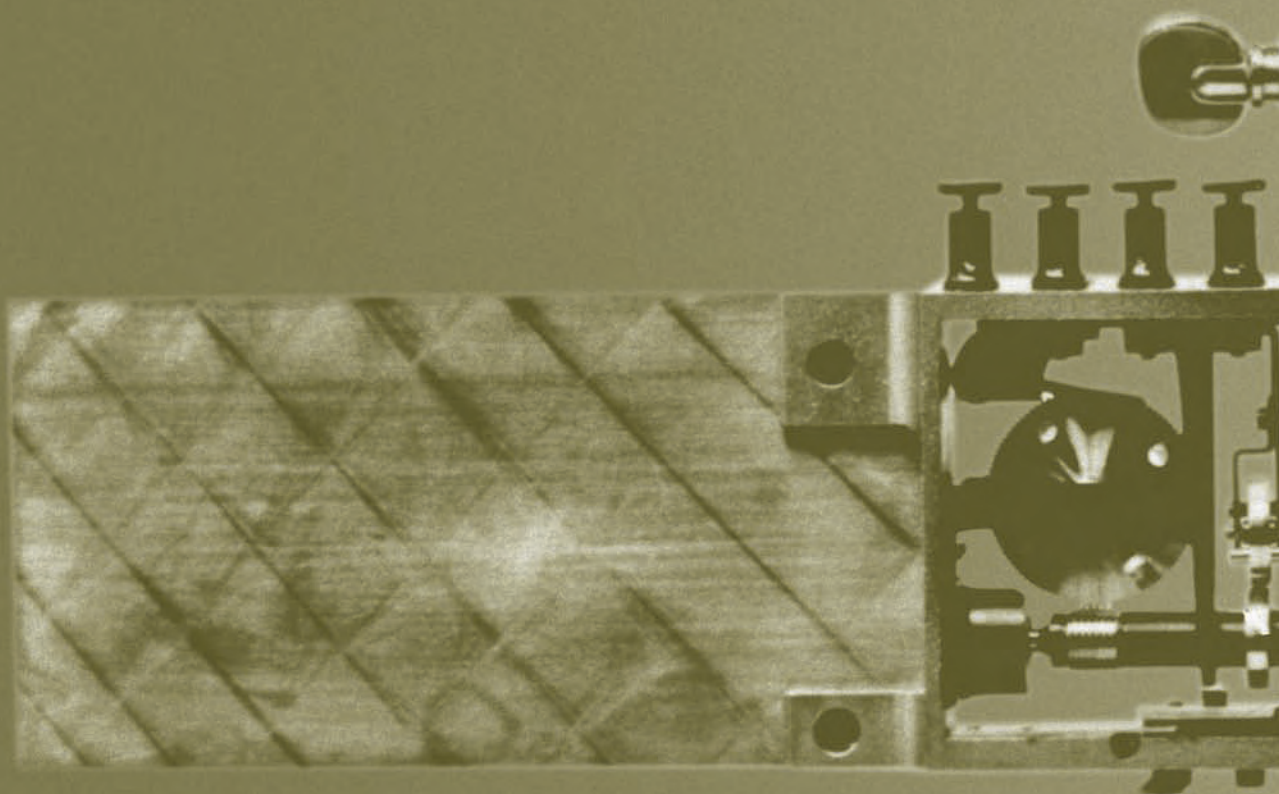
ANEXO II
CAUDAIS
VELOCIDADE DA ÁGUA:
TACHÓMETRO; MOLINETES
HIDRÁULICOS; CONTADORES
DE ROTAÇÕES

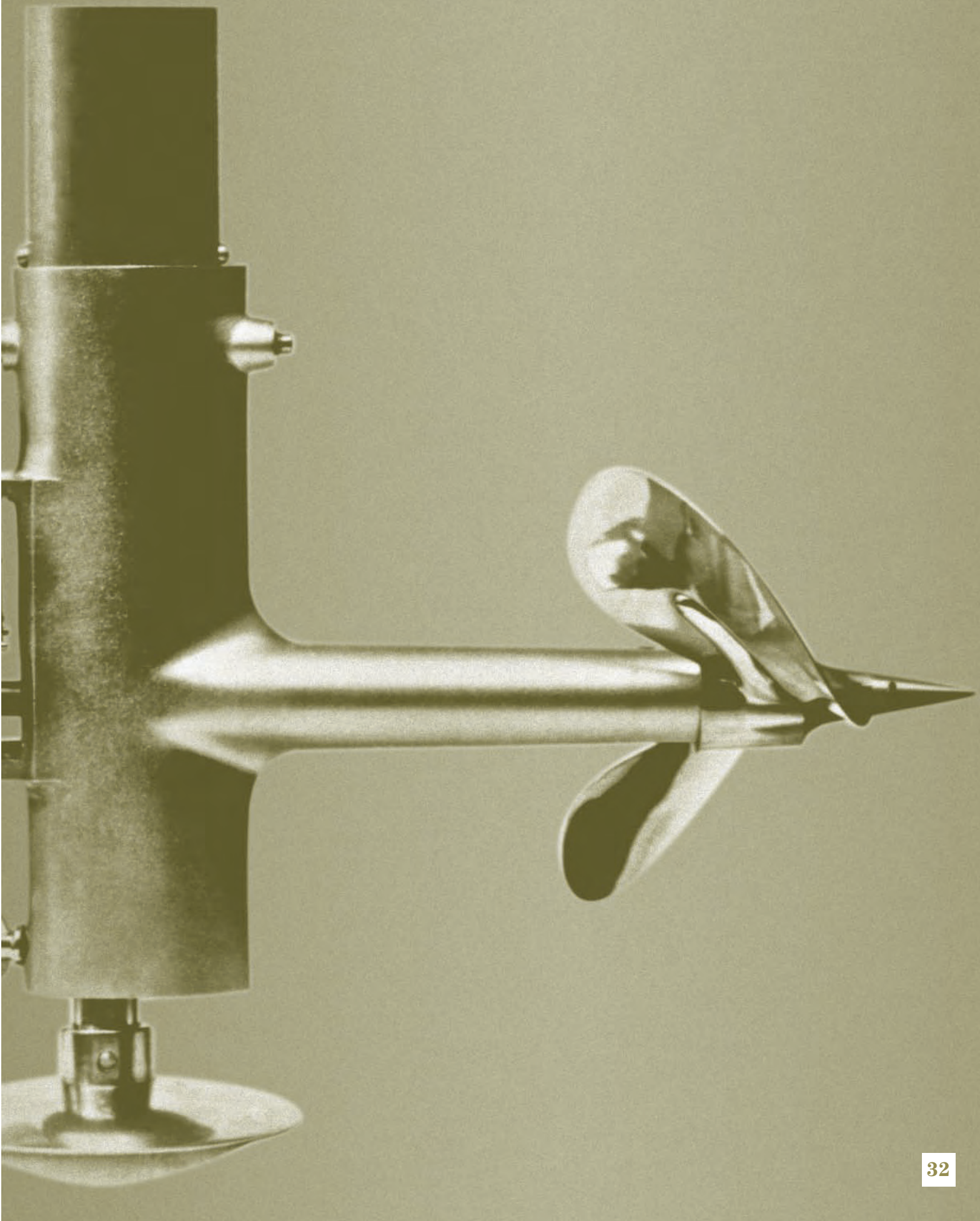


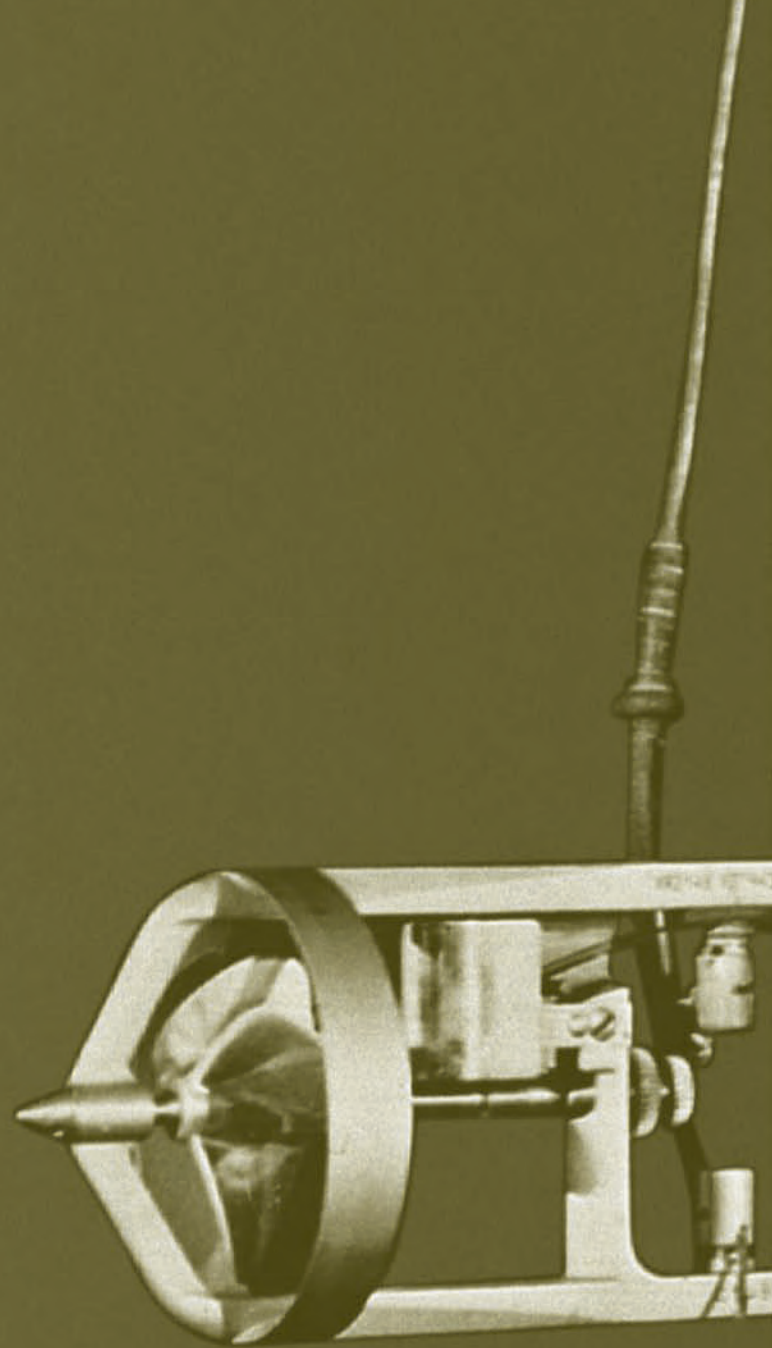
30



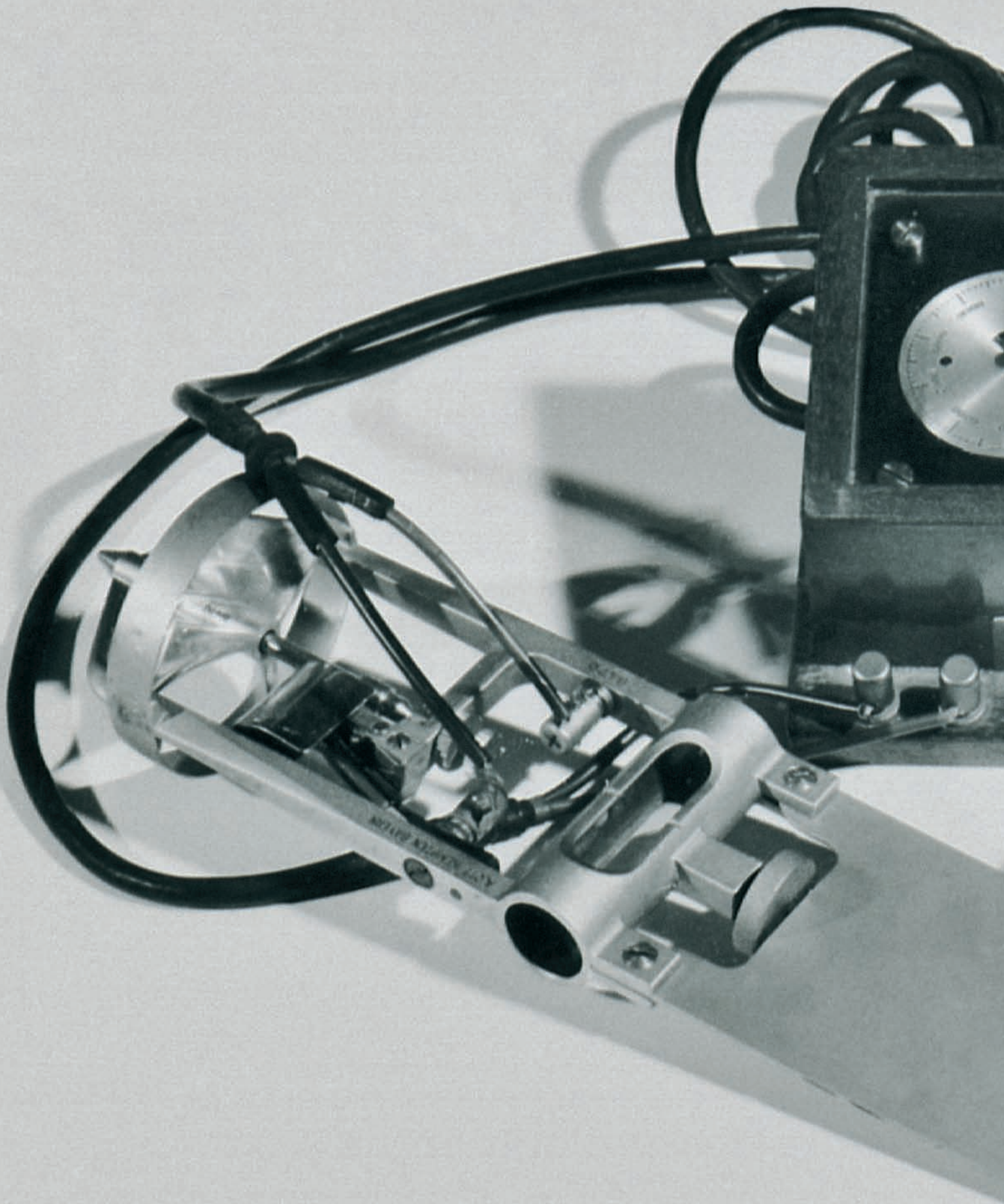




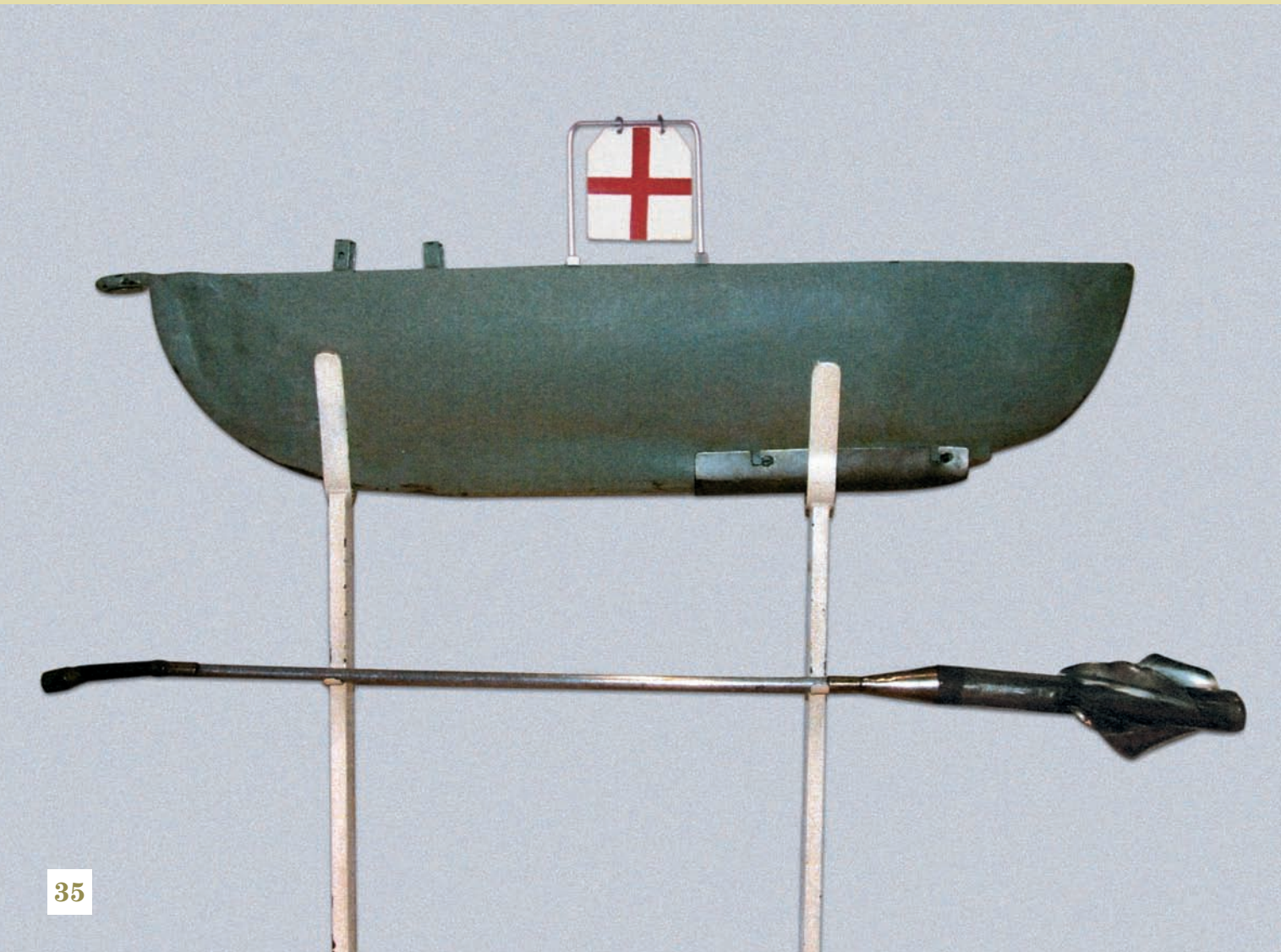




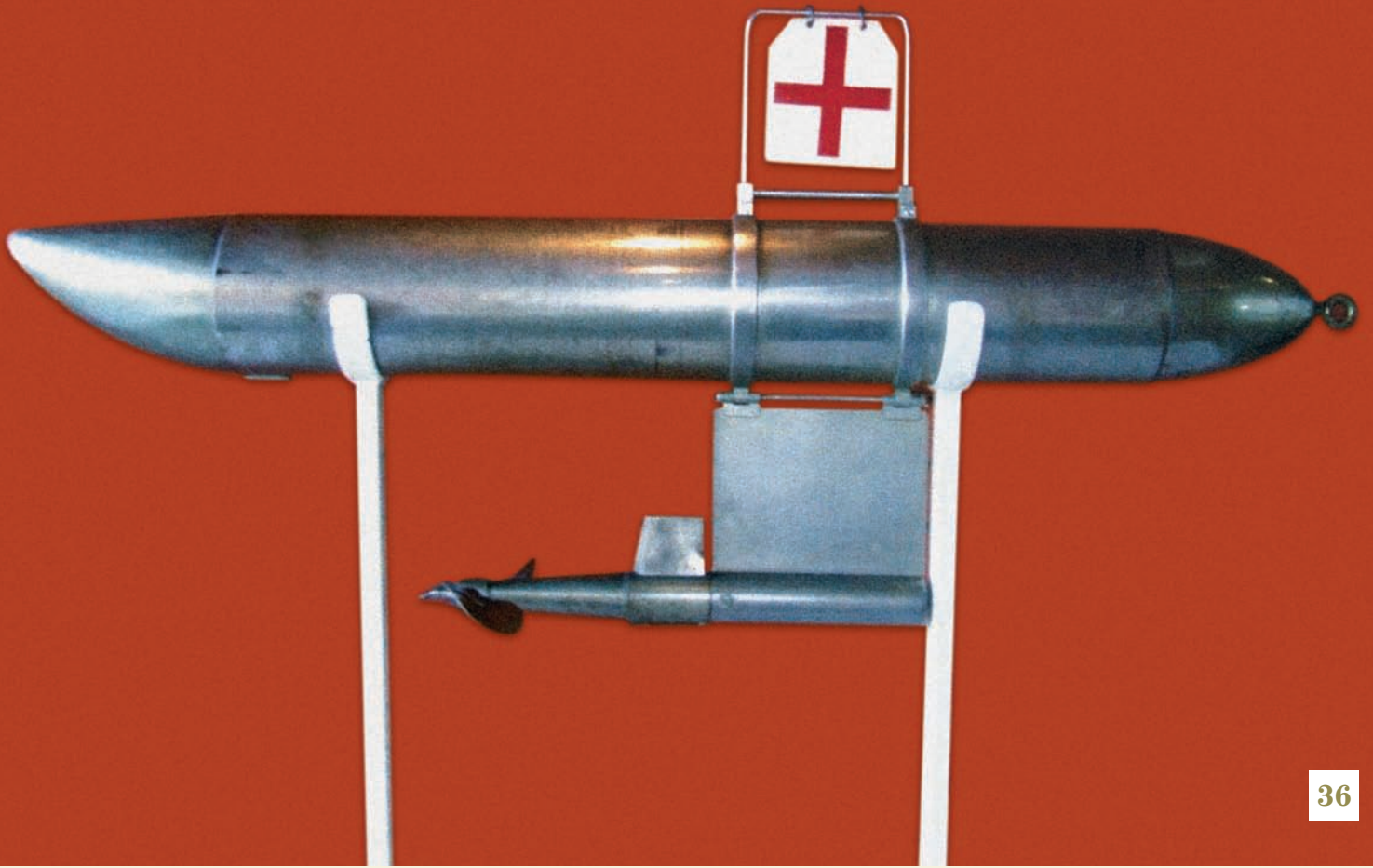




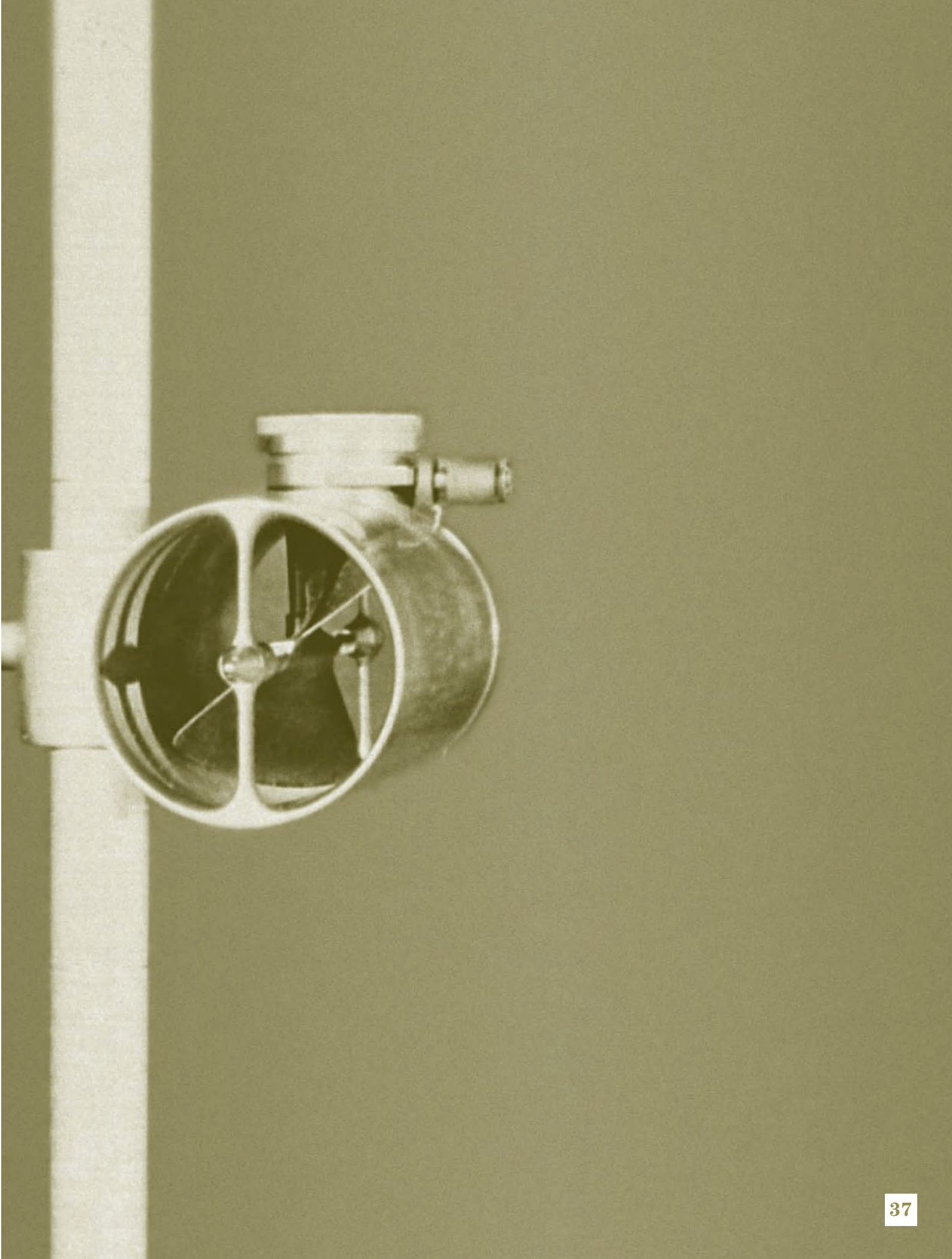


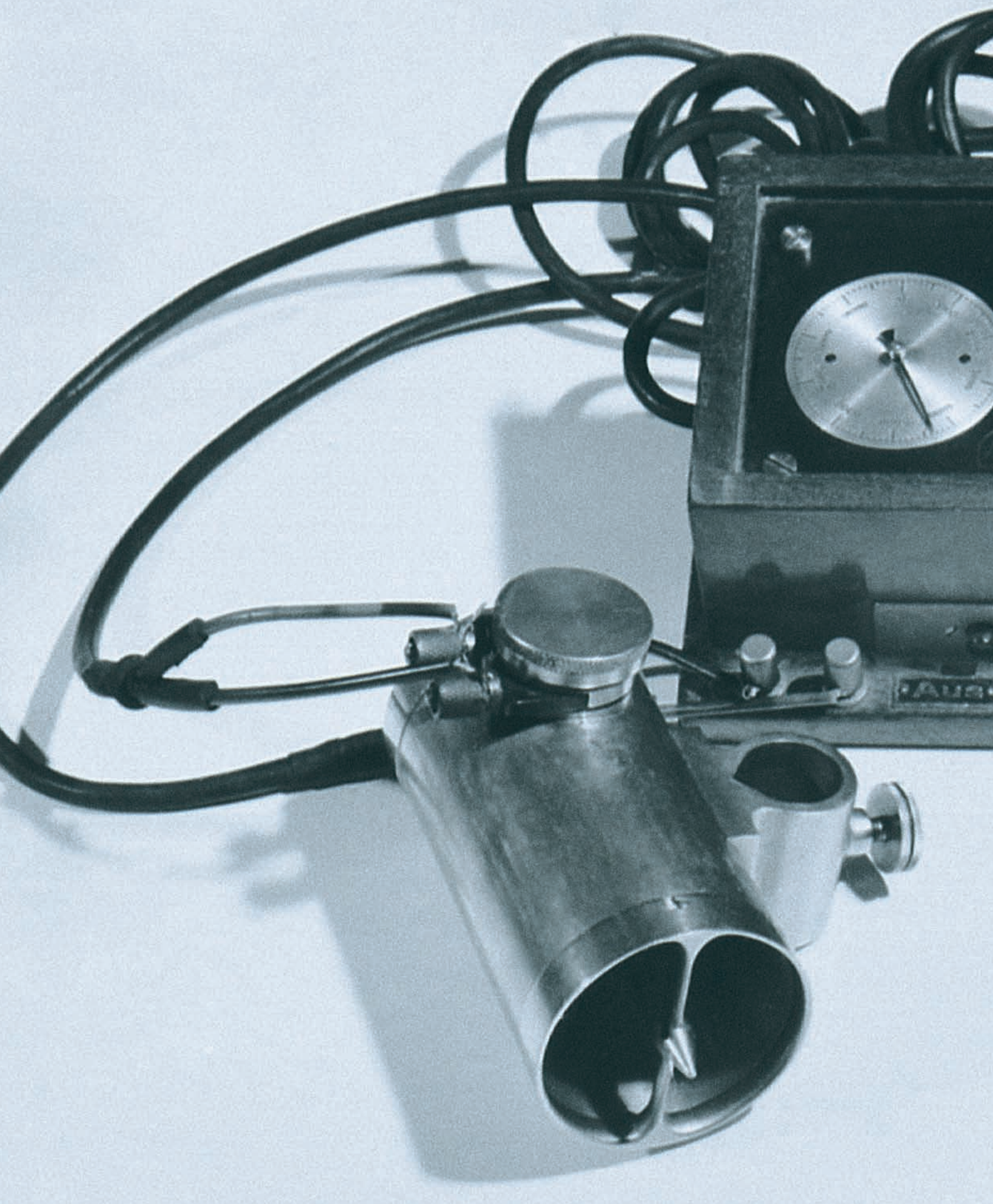


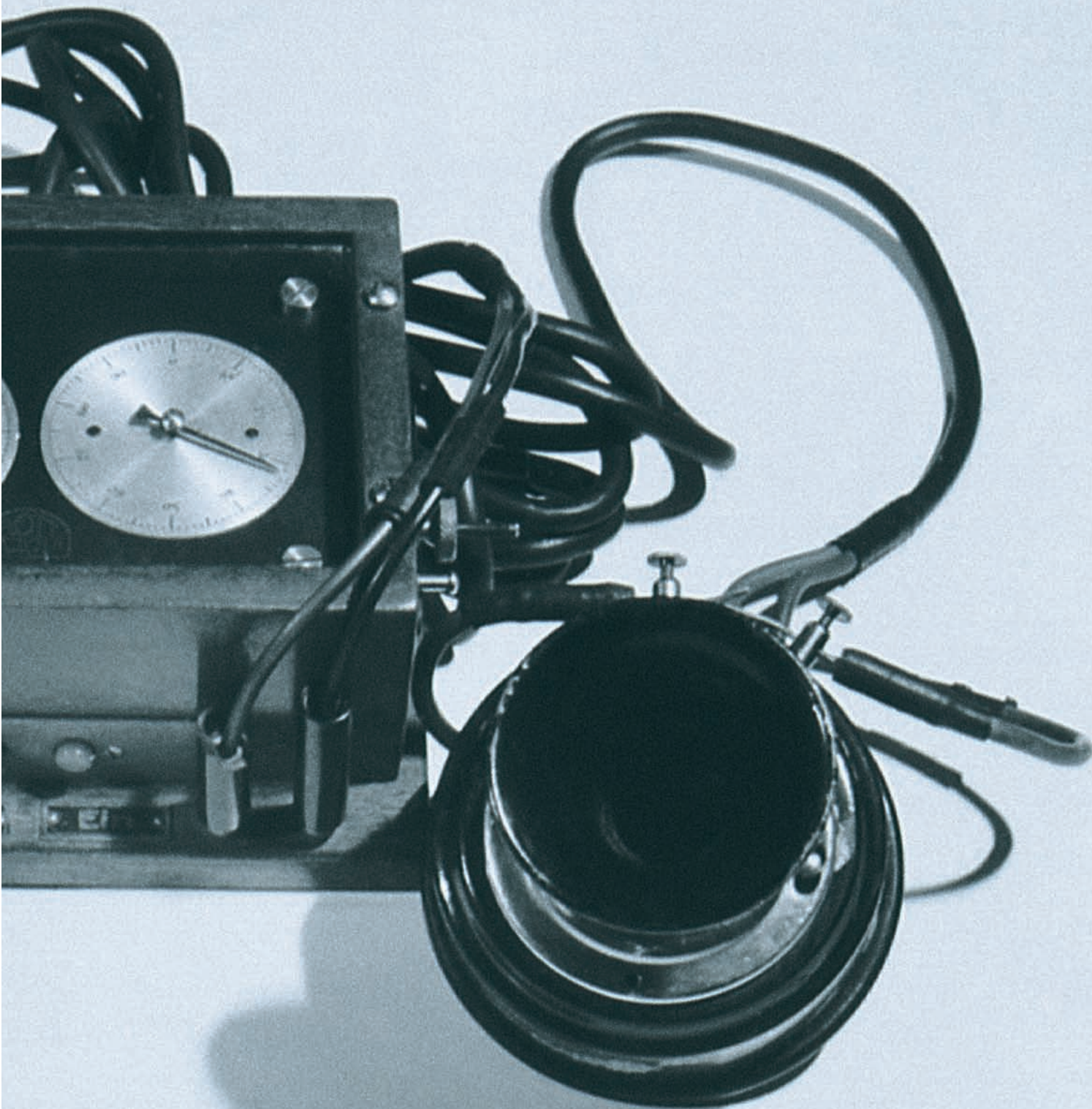
35

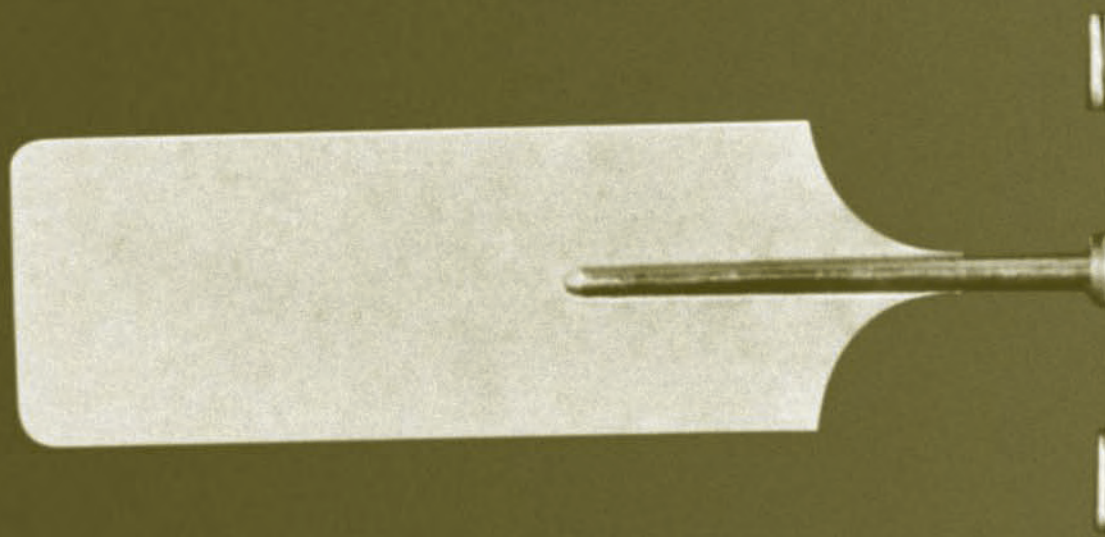


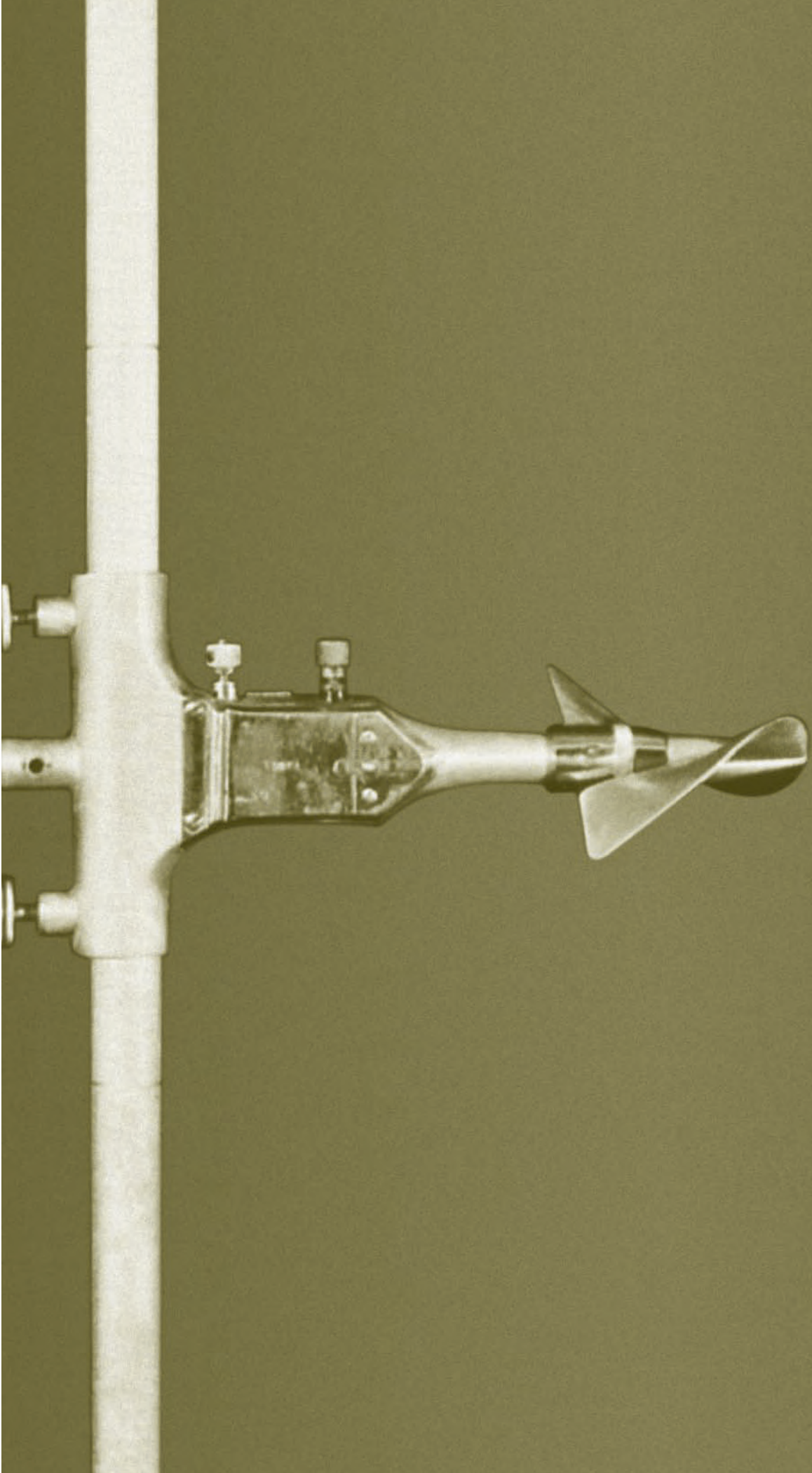


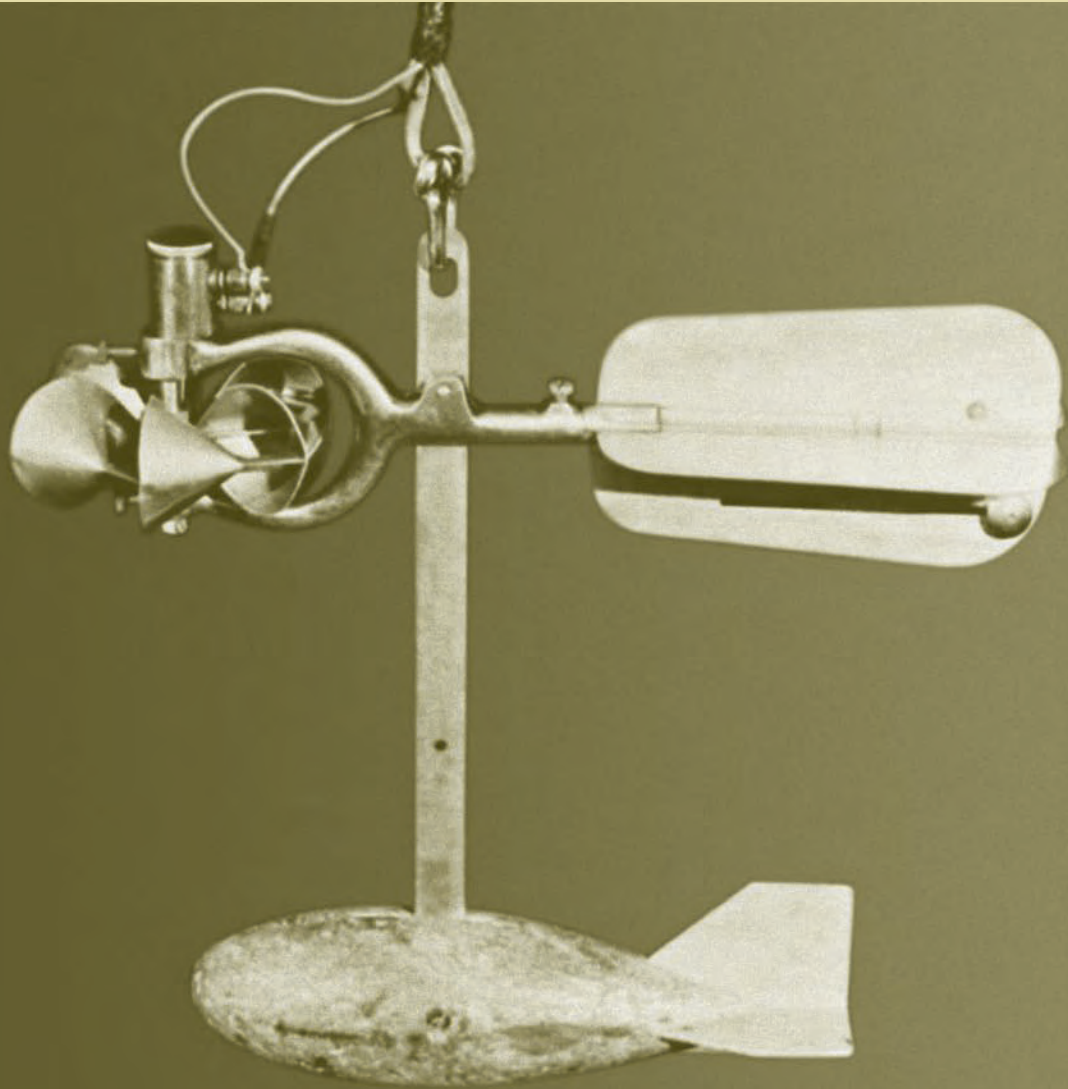


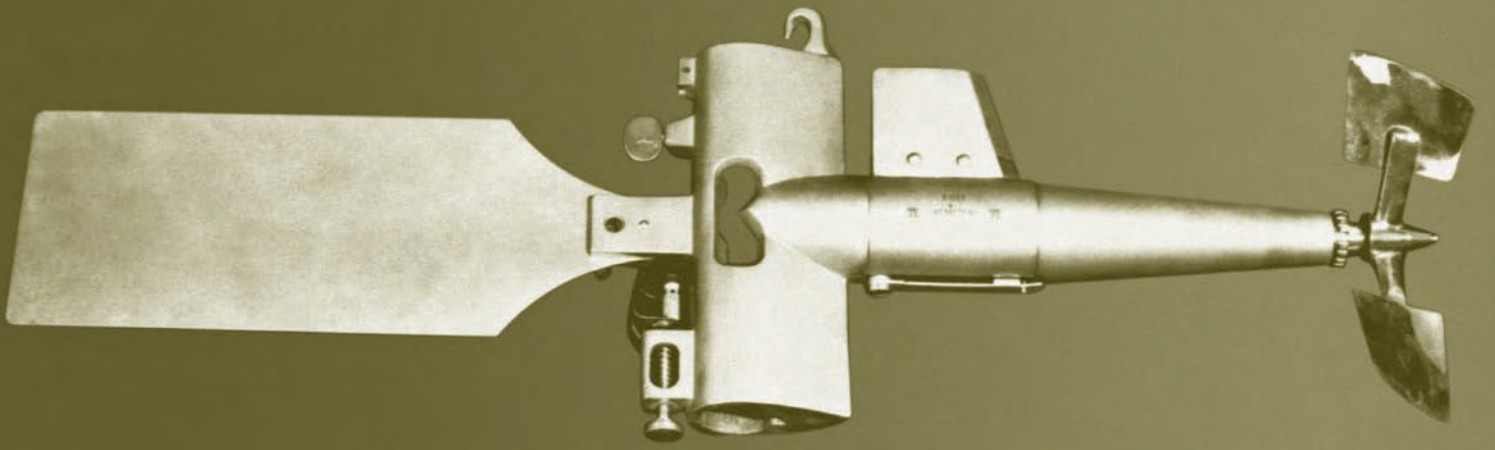


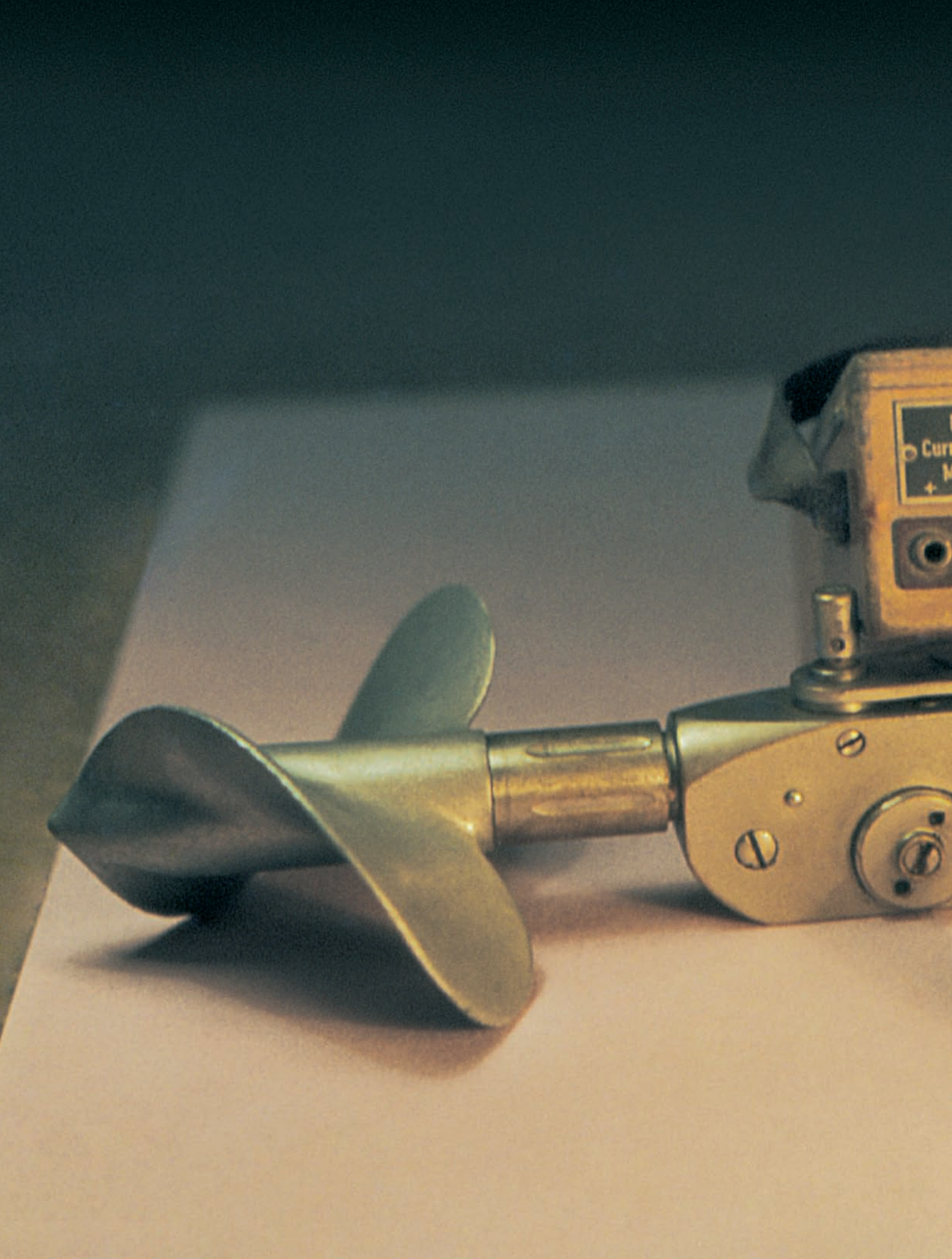












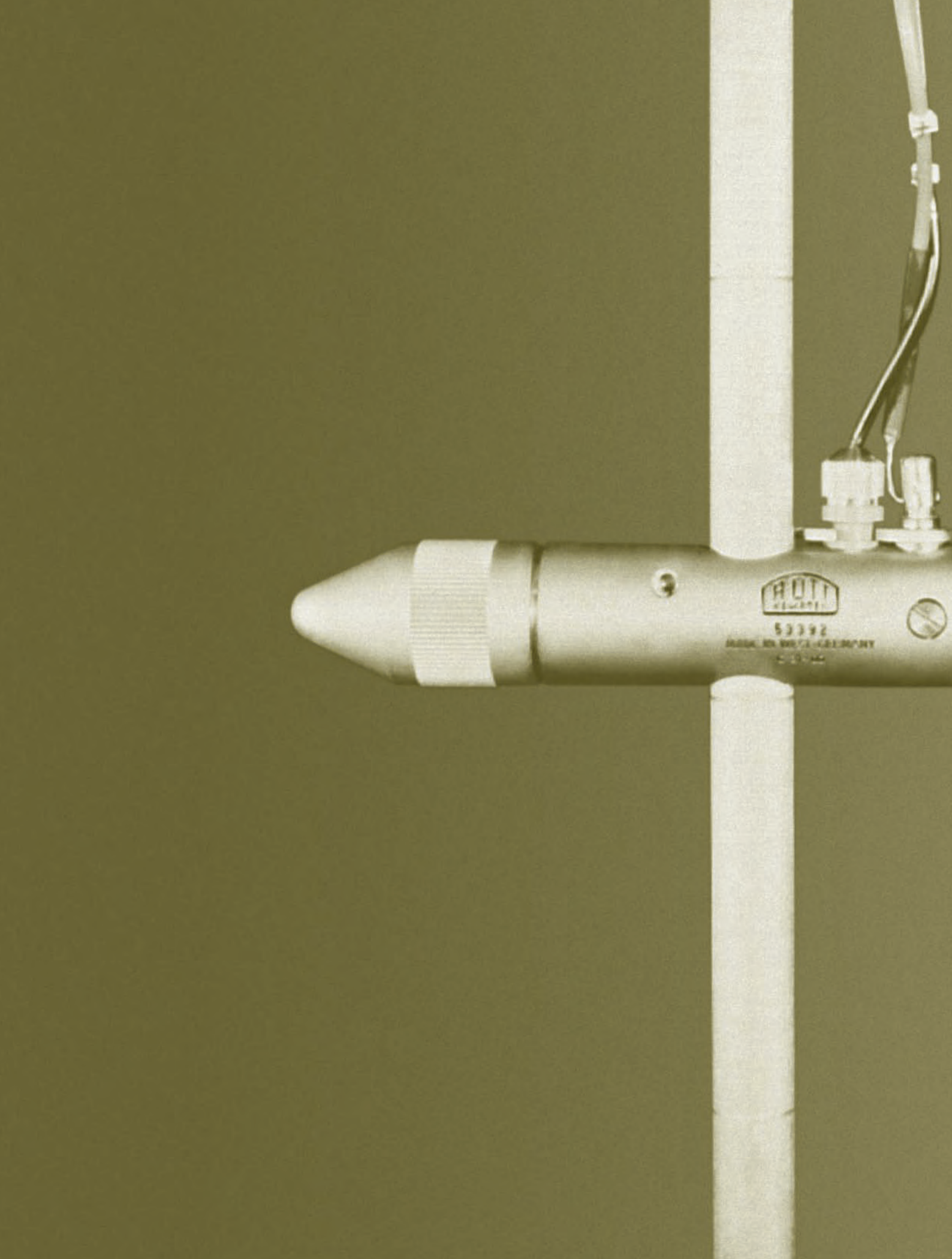


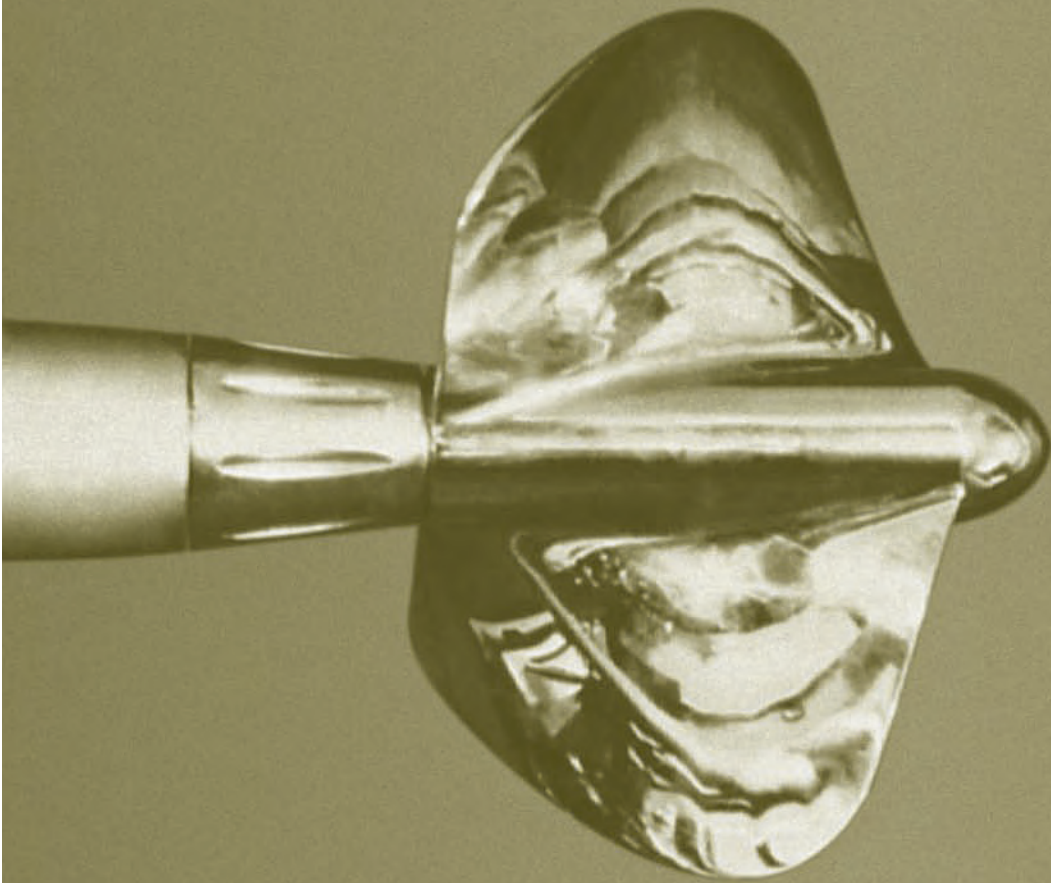


43

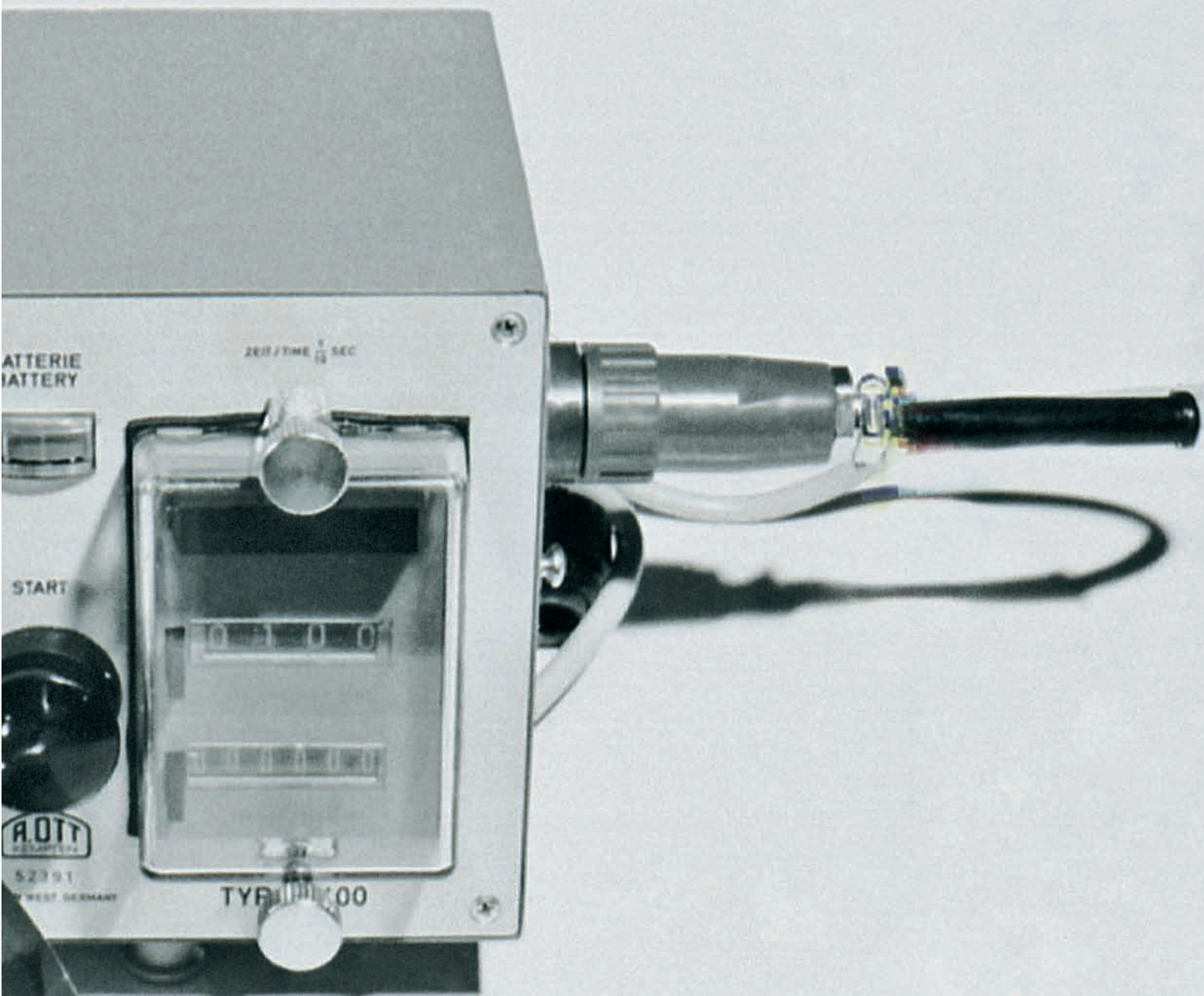


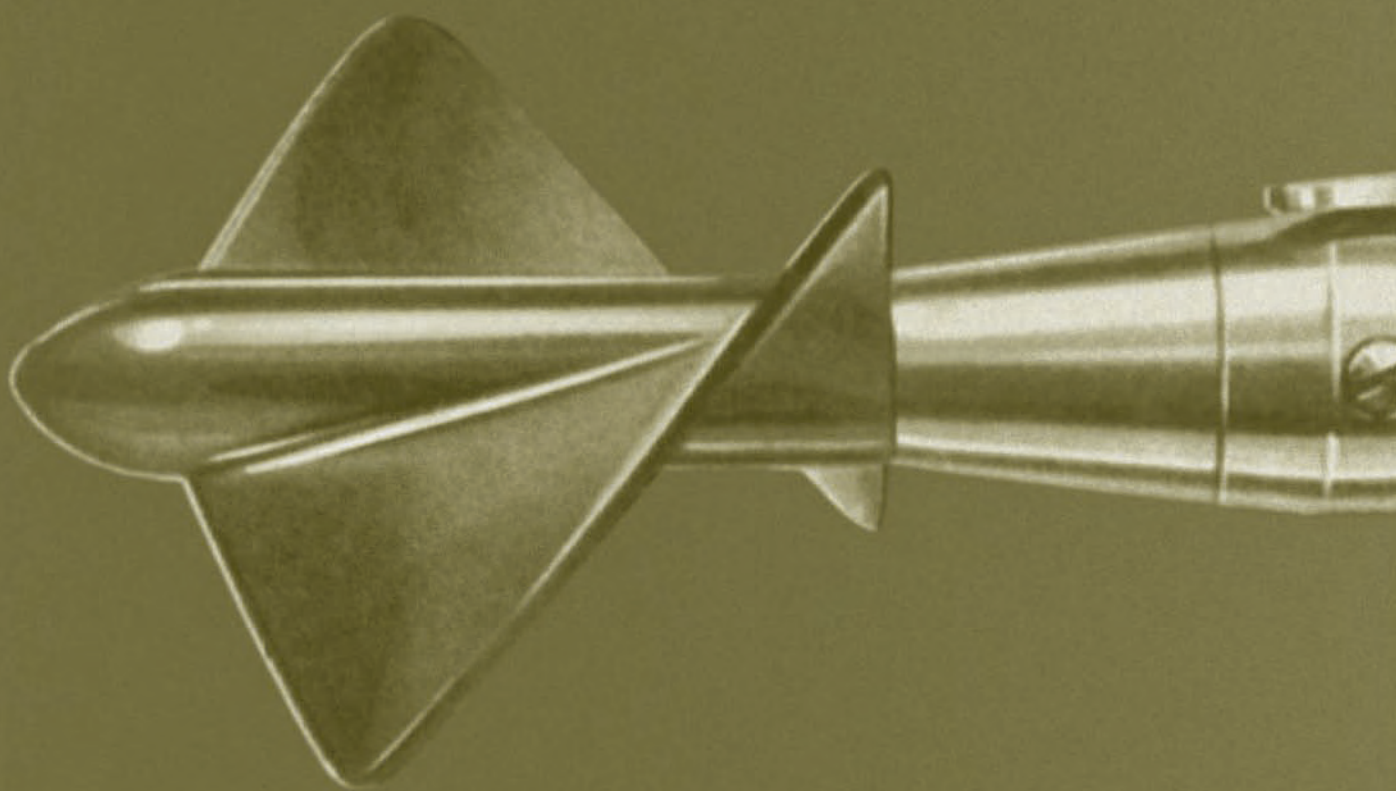


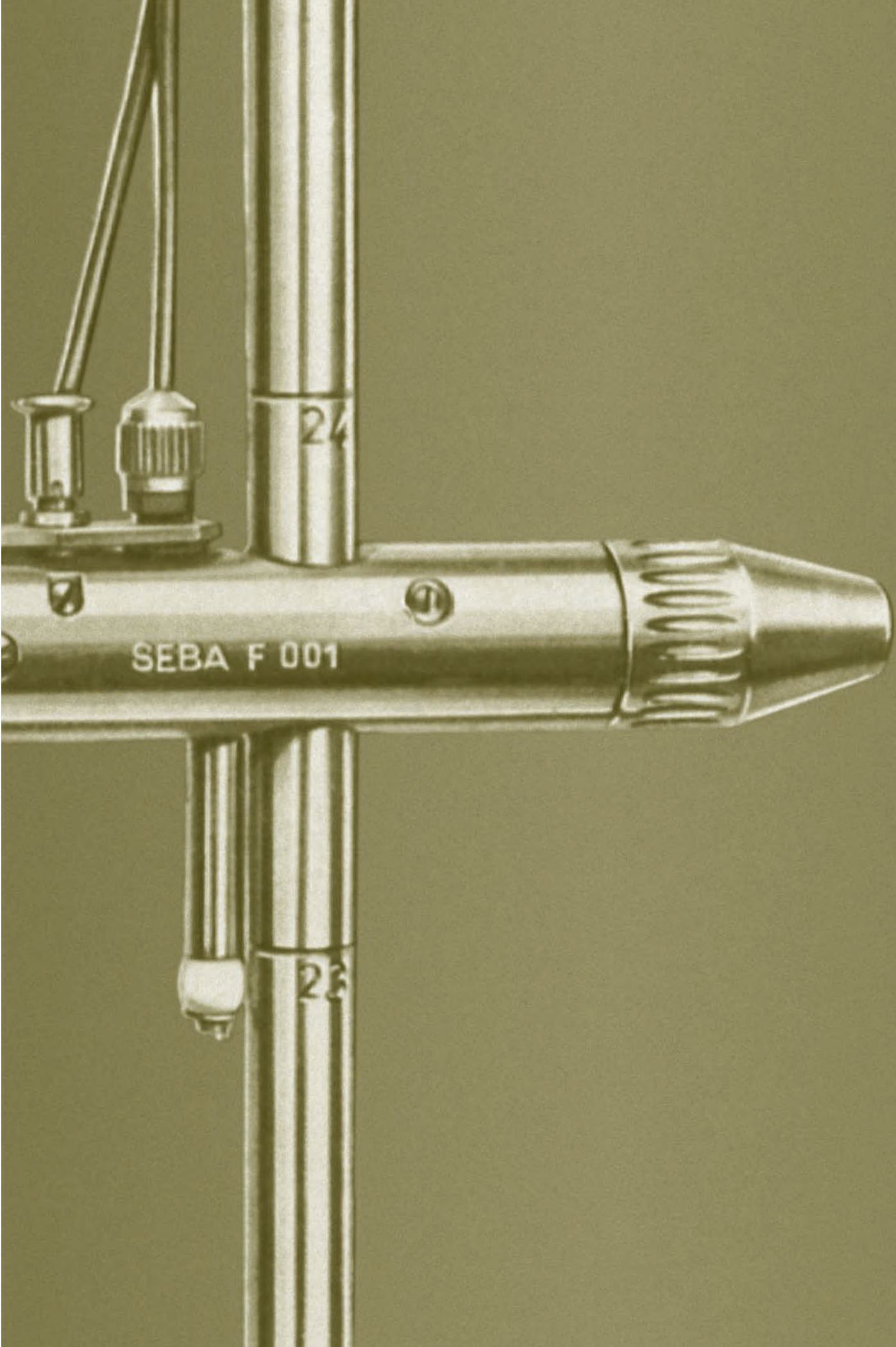


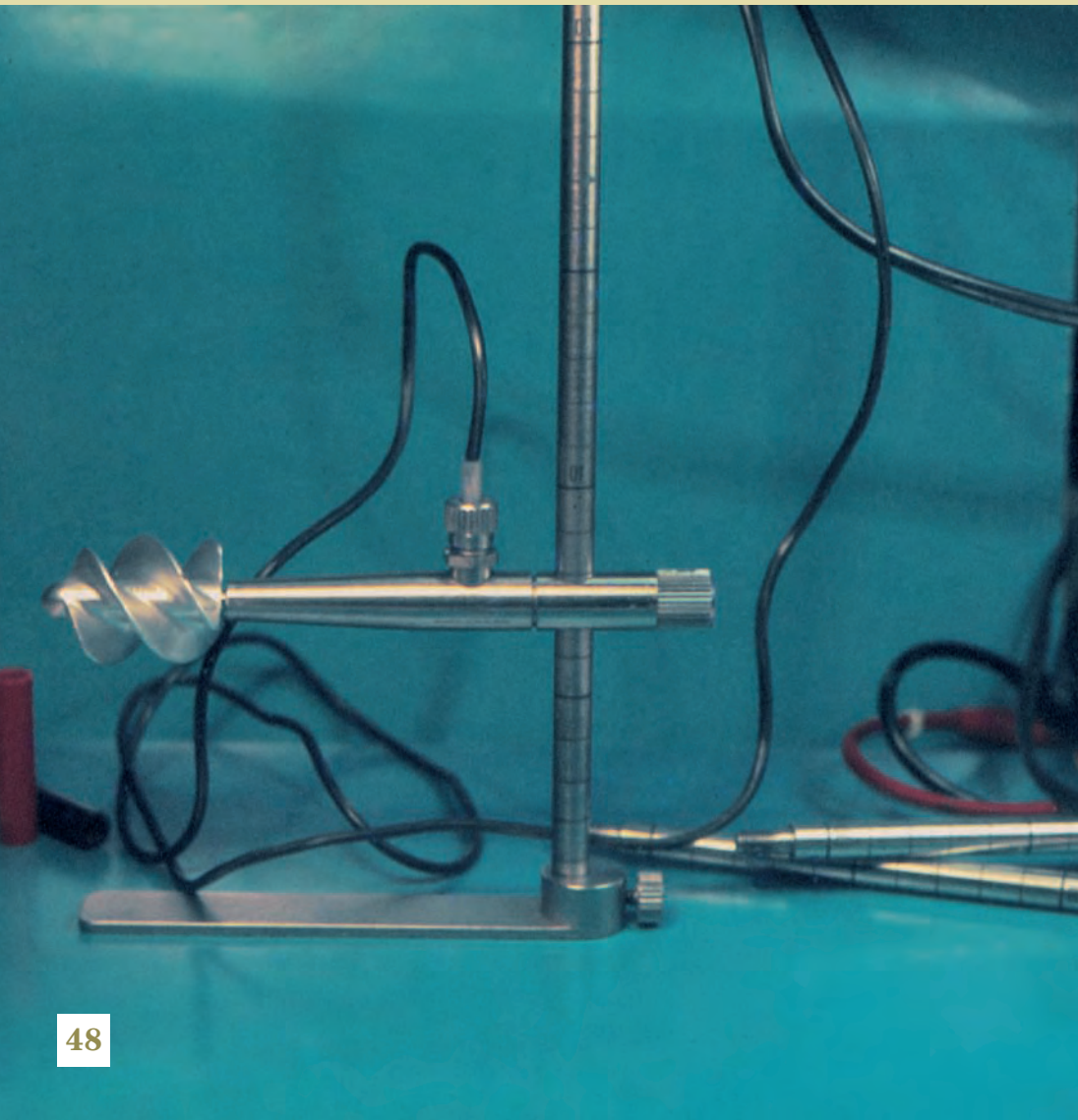






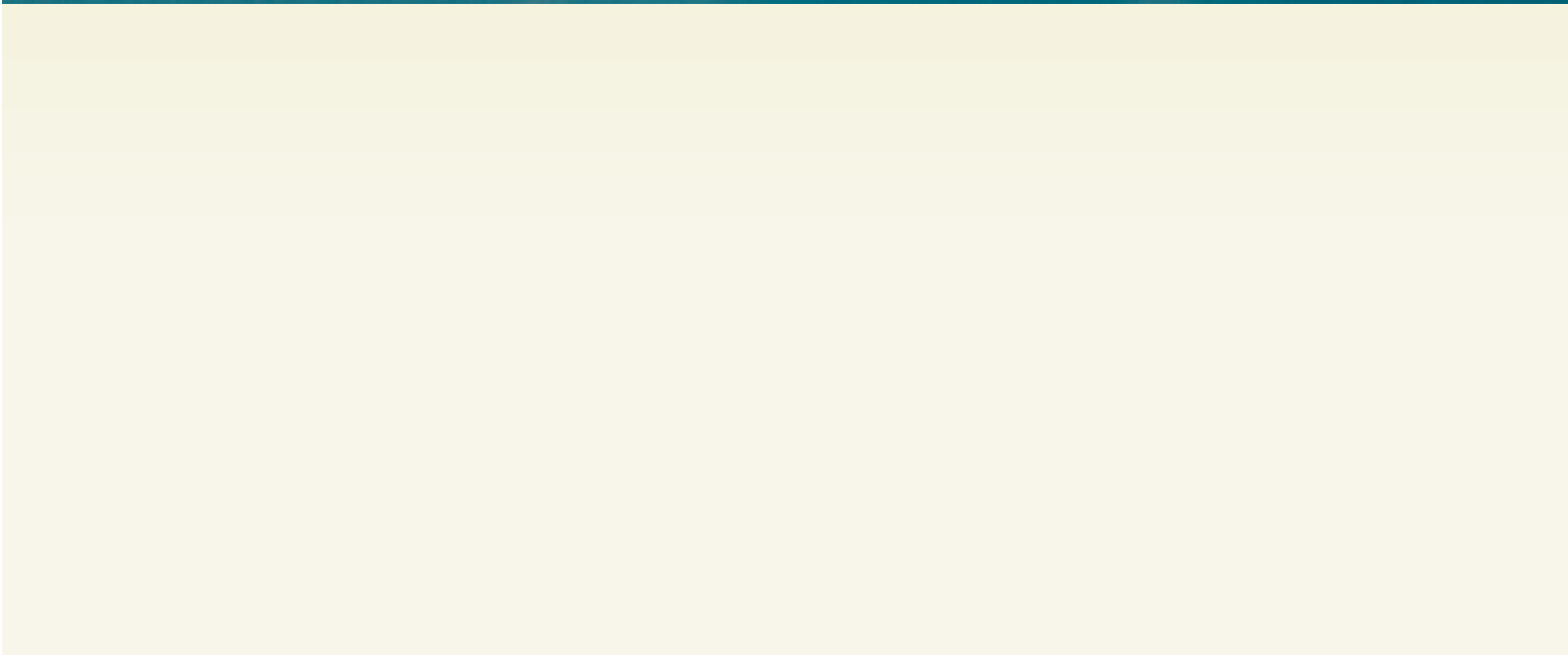
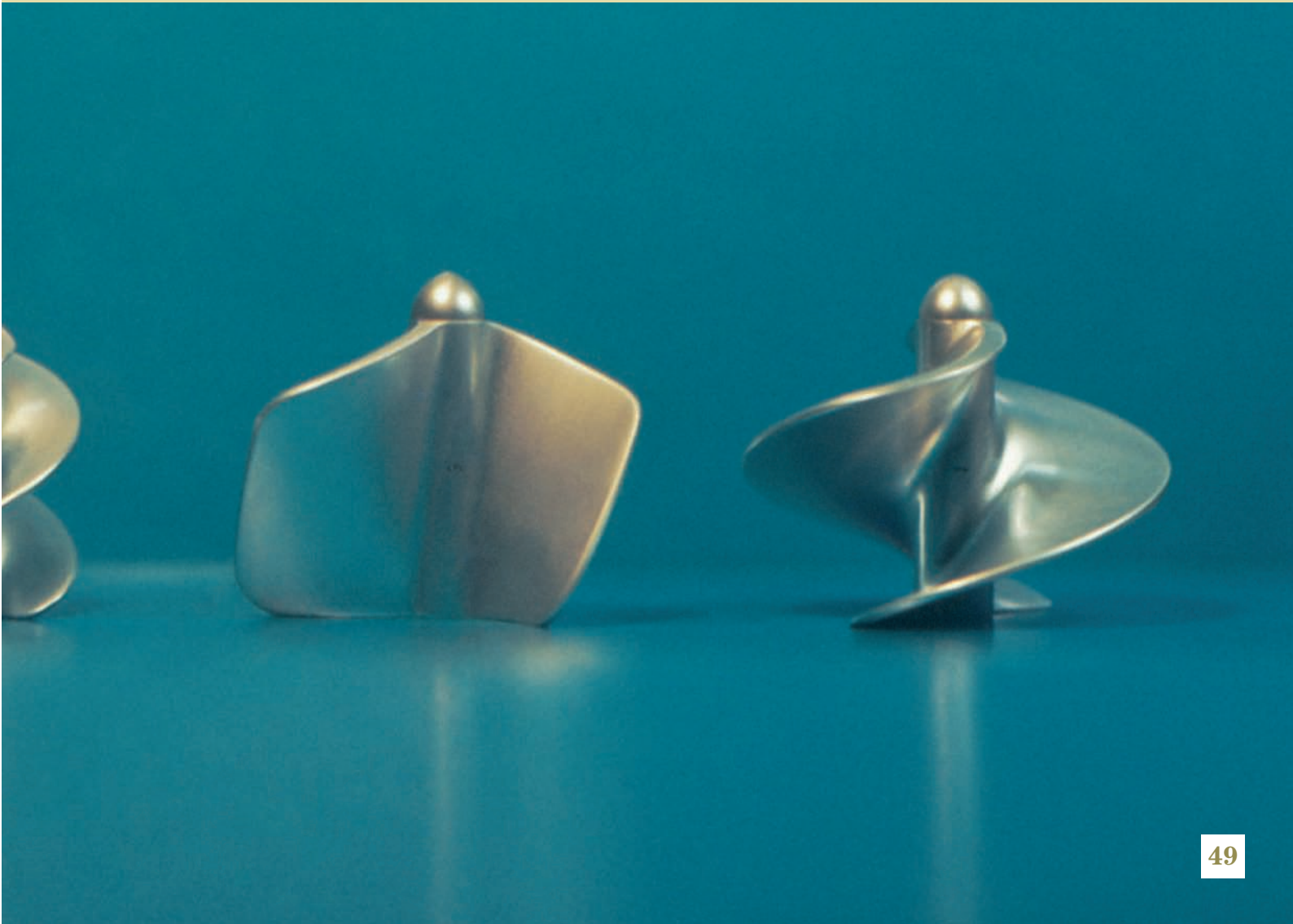


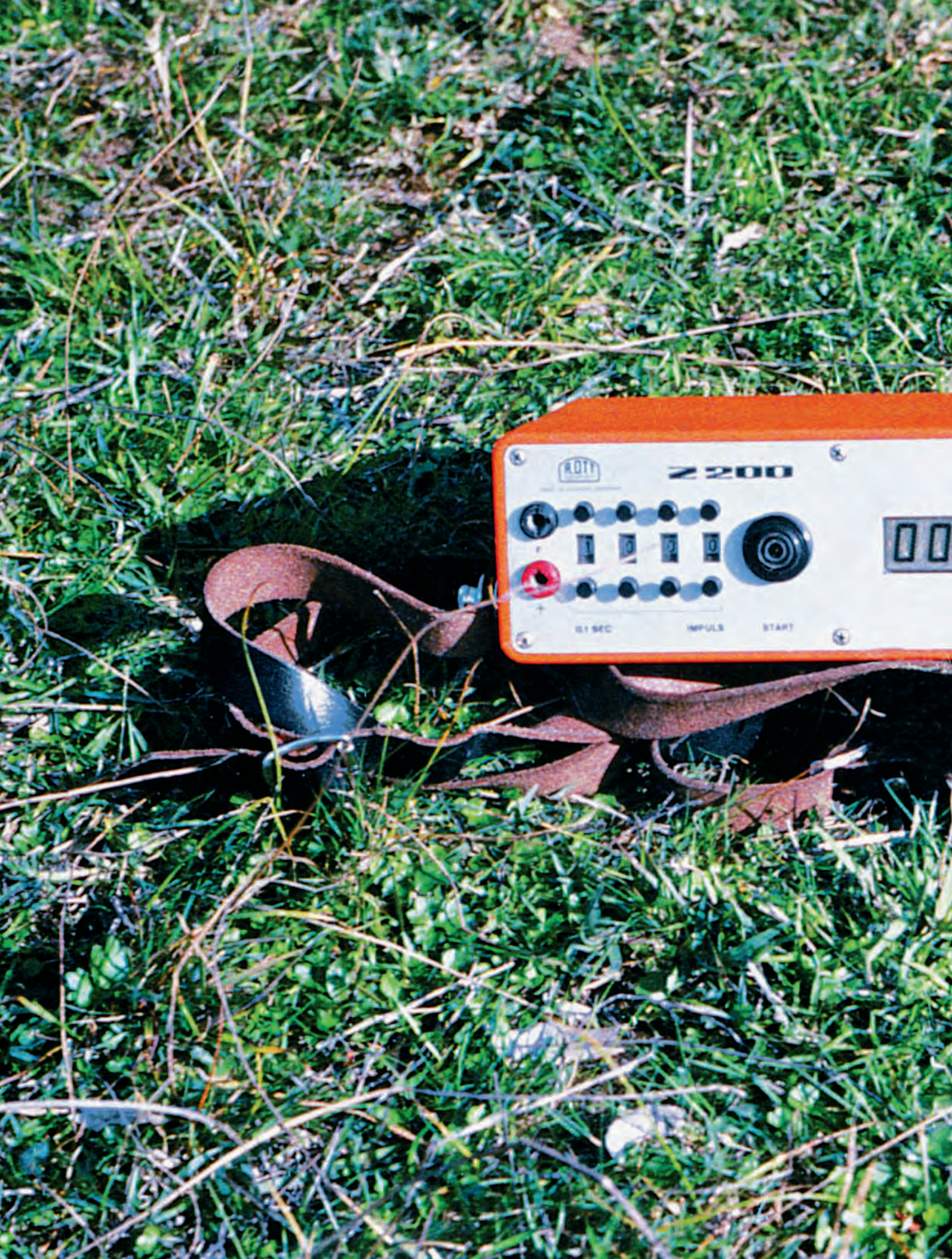




48

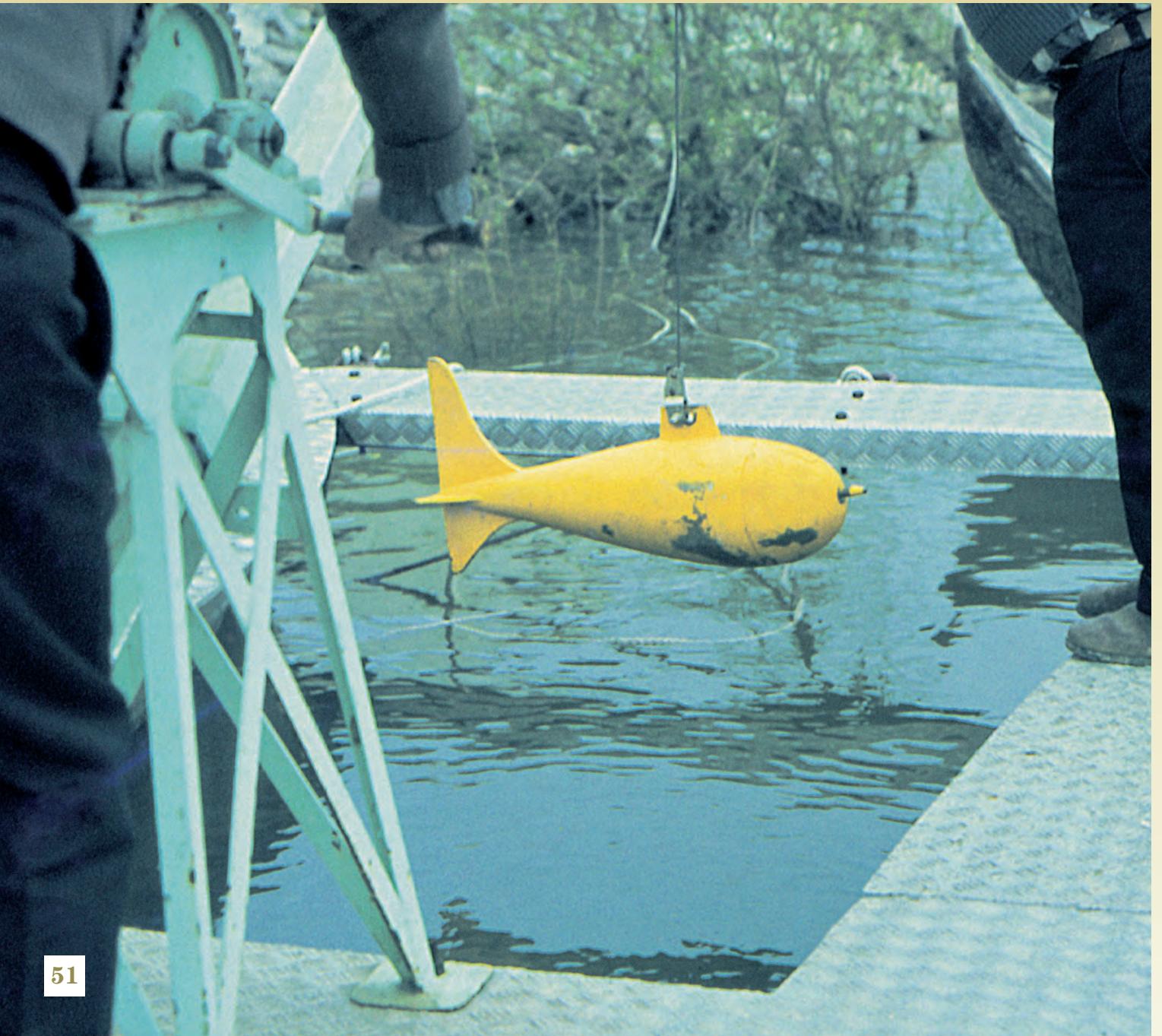




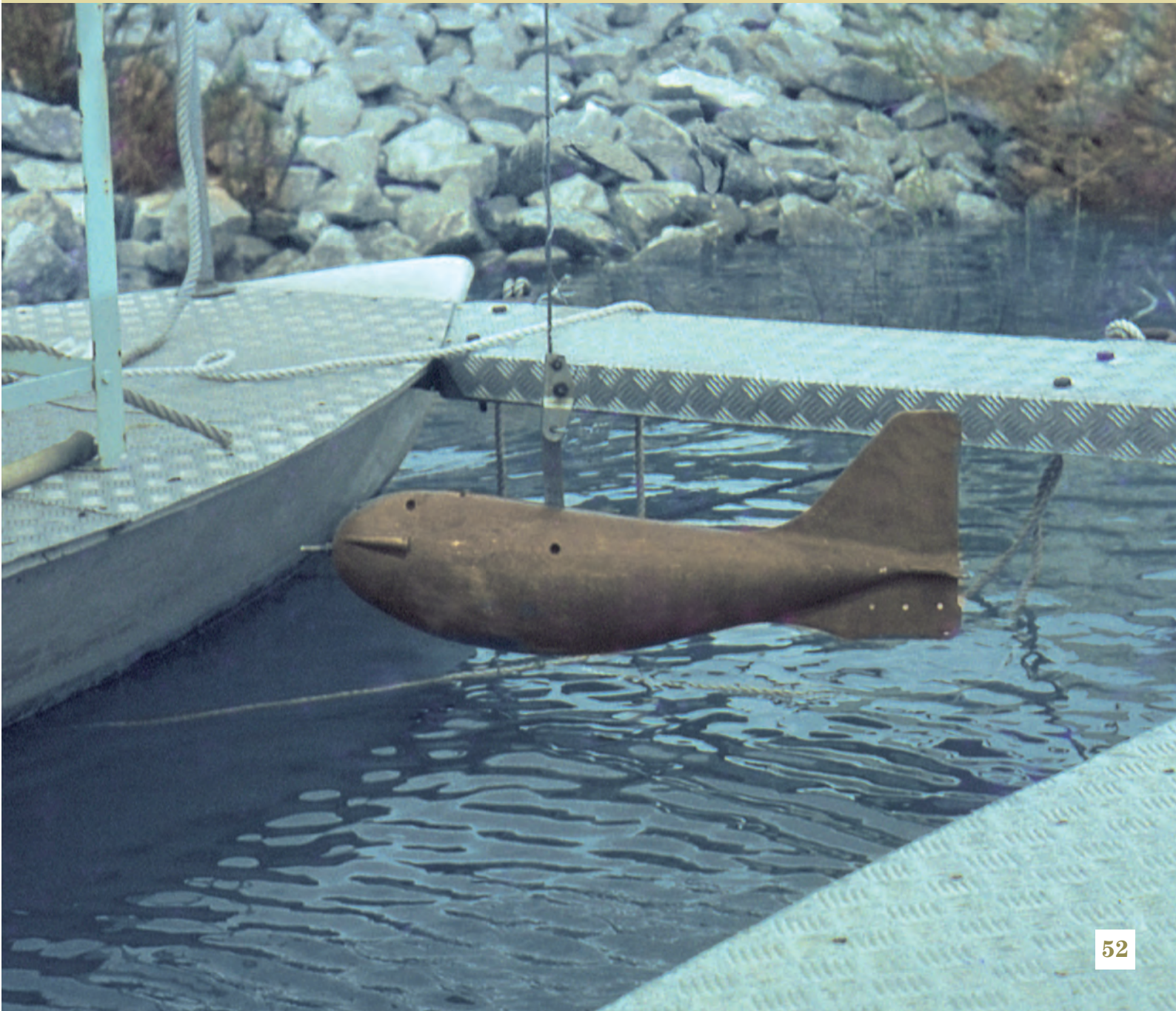


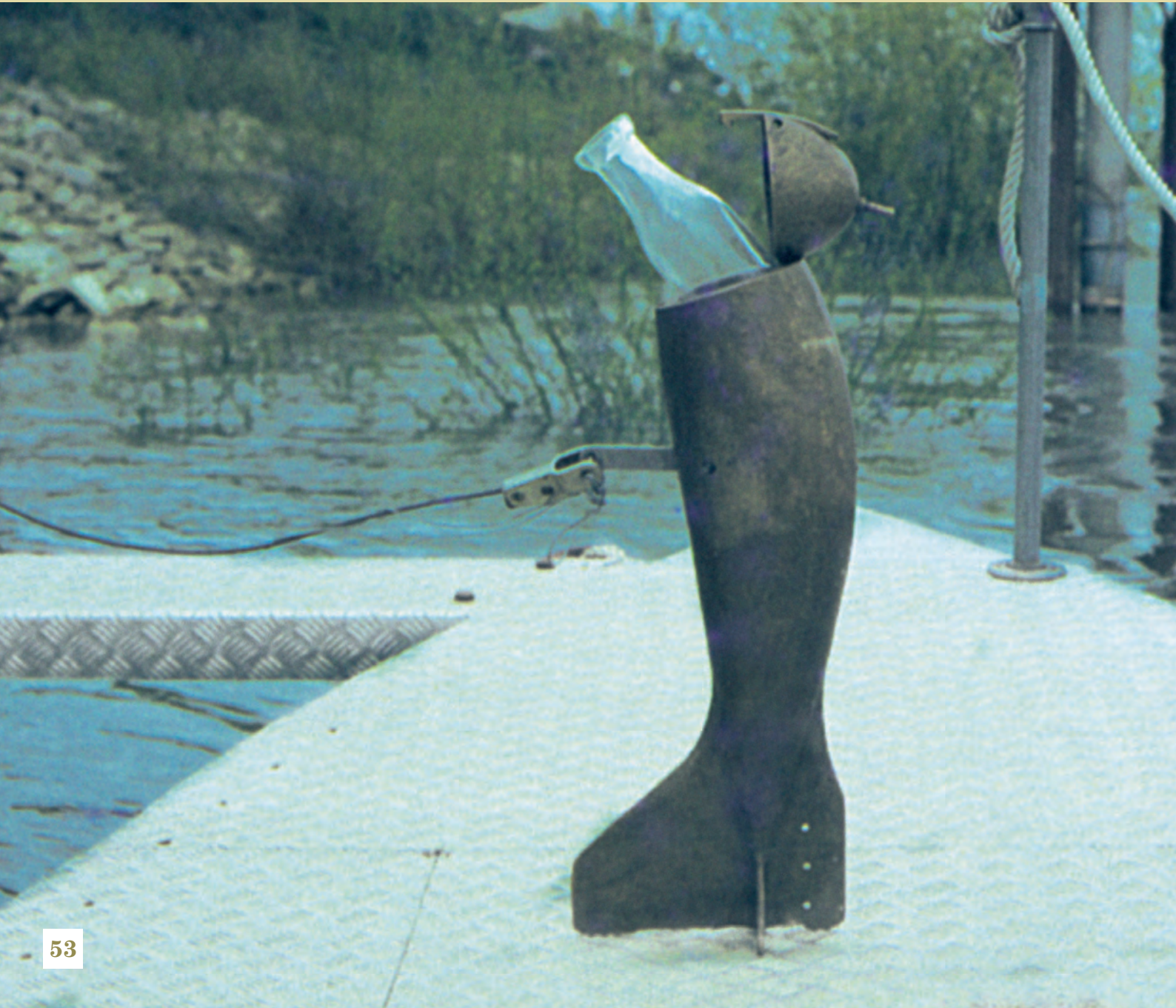


ANEXO III
TRANSPORTE SÓLIDO
EM SUSPENSÃO E
ARRASTAMENTO
EQUIPAMENTOS DA ESTAÇÃO DE
ÓMNIAS - SANTARÉM - RIO TEJO



51



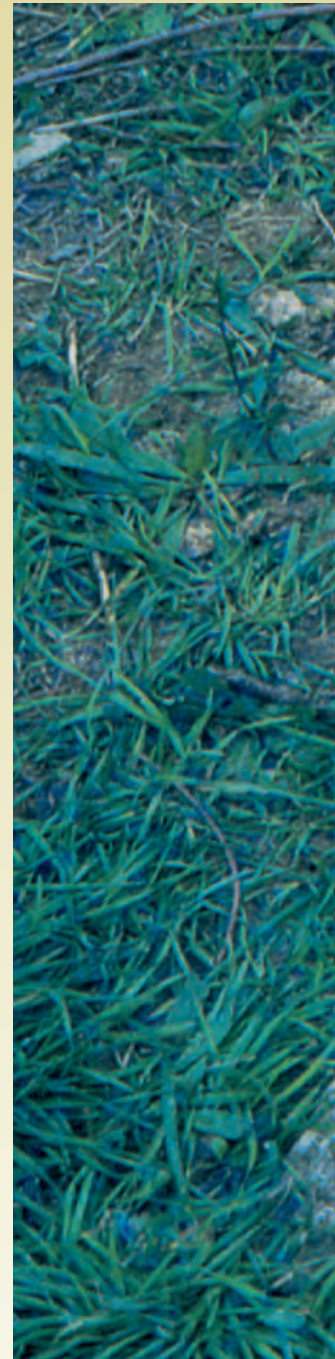


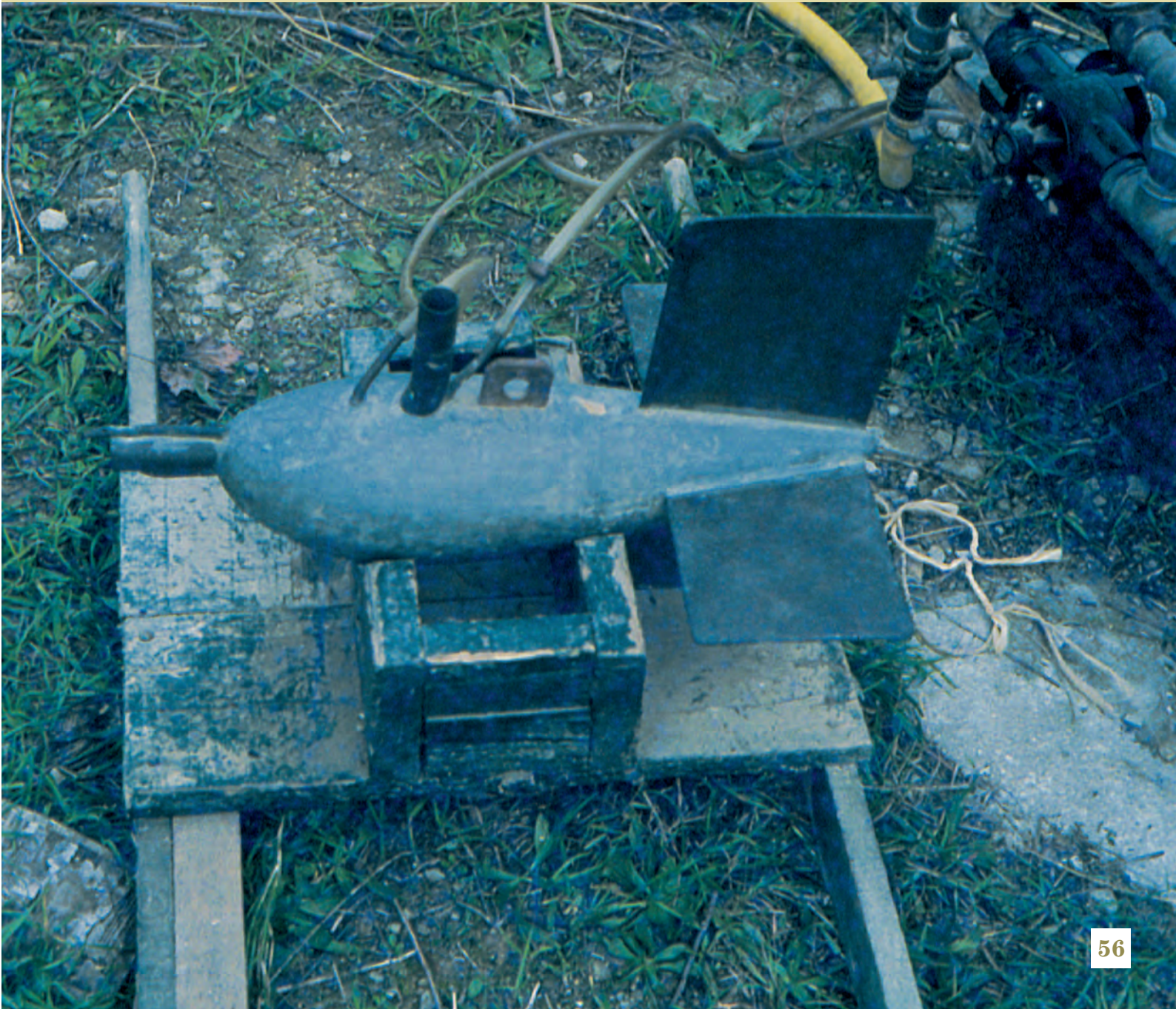
53

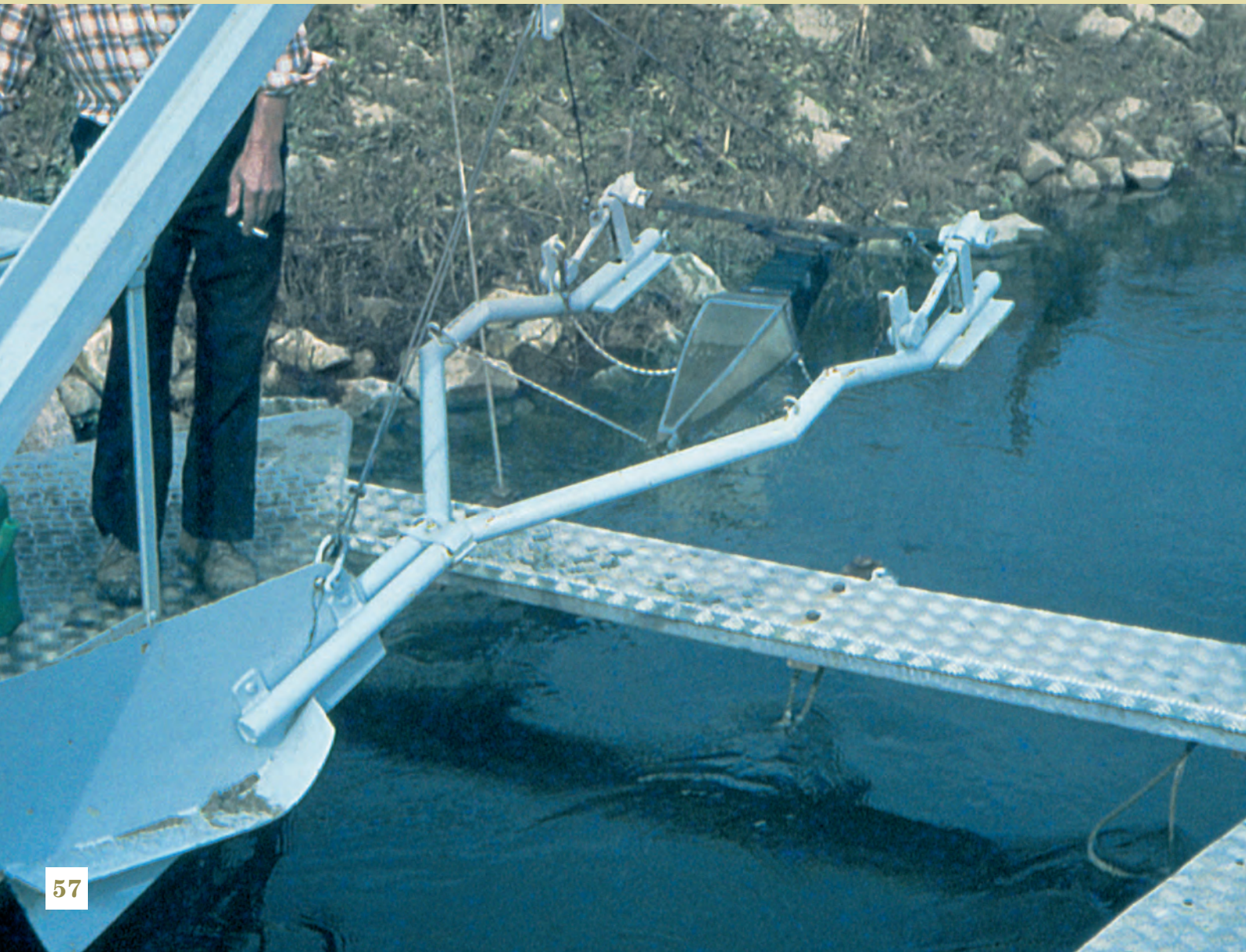


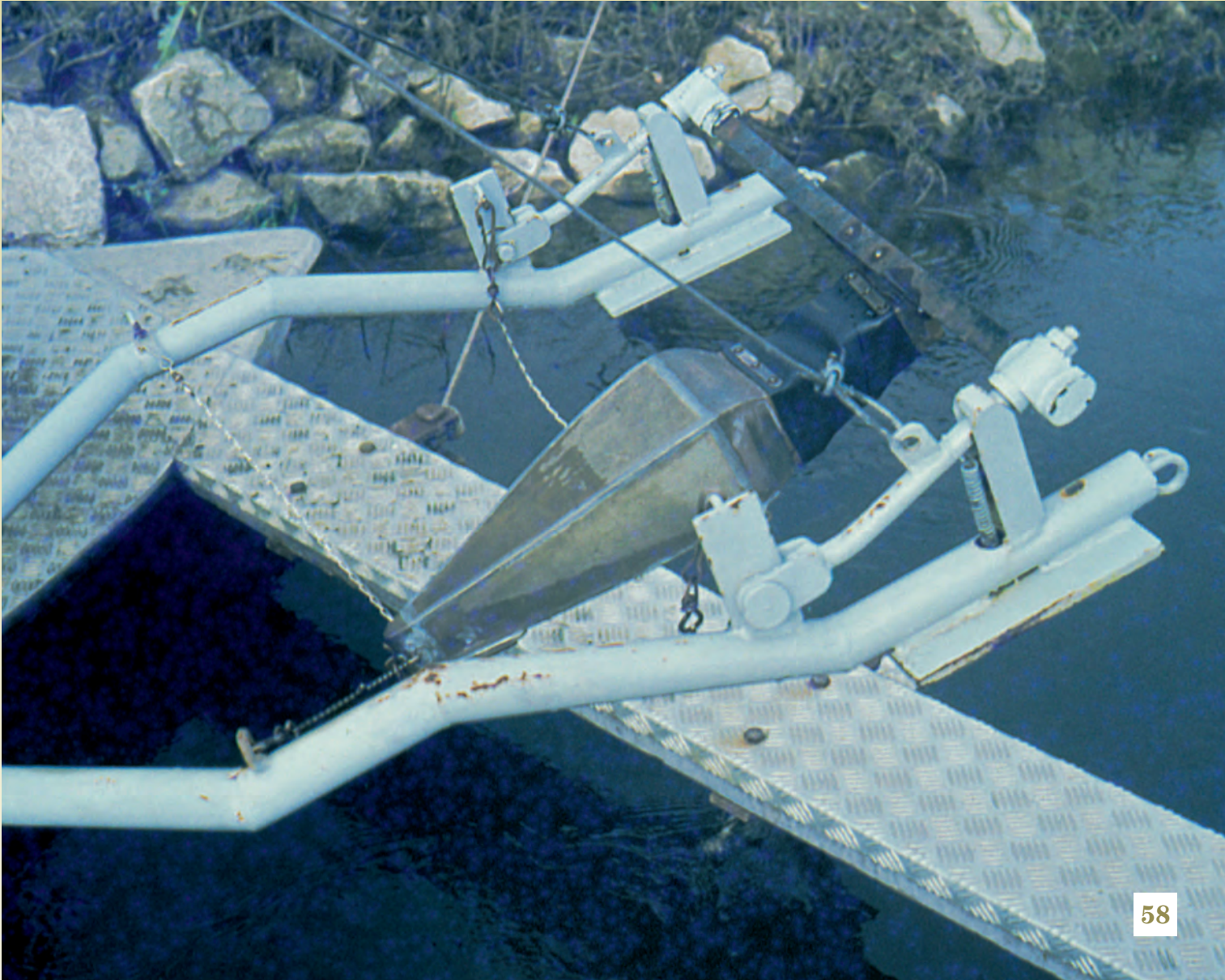


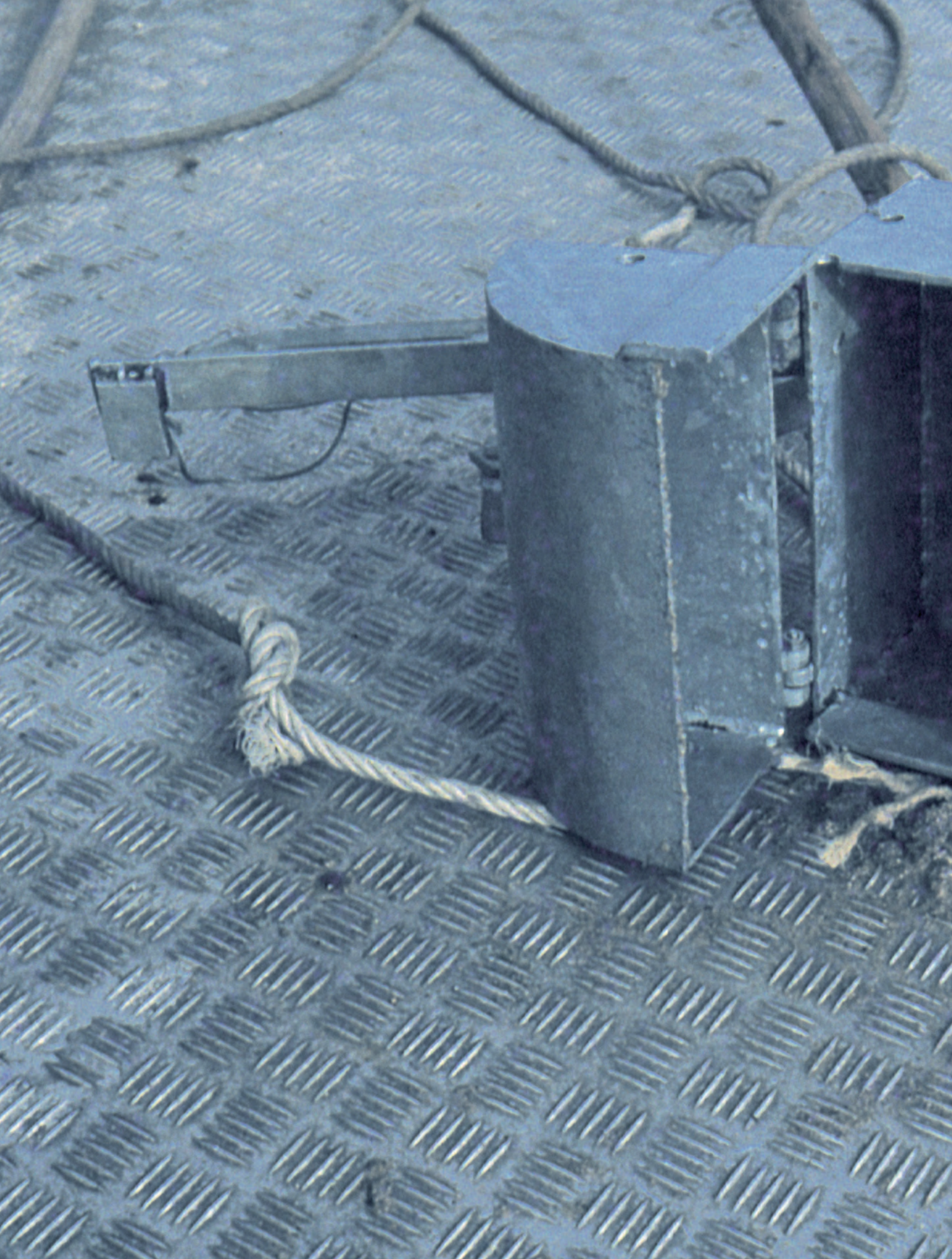
55













ÍNDICE DE IMAGENS

PÁG.

- 030 **1.** PONTE DE MOURÃO - TORRE LIMNIGRÁFICA - Rio Guadiana - 1910
- 031 **2.** PONTE DE SANTARÉM - Rio Tejo - 1911
- 032 **3.** MOINHO DO BRAVO - Ribeira de Corona - Rio Sado - 1933
- 033 **4.** PONTE DE SANTA CLARA - Coimbra - Rio Mondego - 1920
- 034 **5.** VIDIGAL - Ribeira do Farelo - Algarve - 1933
- 035 **6.** PESO DA RÉGUA - Rio Douro - 1944
- 036 **7.** AMIEIRA - Rio de Degebe - Rio Guadiana - 1944
- 037 **8.** PULO DO LOBO - TORRE LIMNIGRÁFRICA - Rio Guadiana - 1945
- 038 **9.** ARDILA - Rio Ardila - Rio Guadiana - 1945
- 039 **10.** ROCHA DA GALÉ - TELEFÉRICO - Rio Guadiana - 1945
- 040 **11.** PULO DO LOBO - DESCARREGADOR - Rio Guadiana - 1945
- 042 **12.** MONTE DA PONTE - Rio Cobres - Rio Guadiana - 1958
- 043 **13.** PONTE RODOVIÁRIA - Ribeira de Odeleite - Algarve - 1958
- 044 **14.** ALBERNOTA - Ribeira de Terges - Rio Guadiana - 1969
- 046 **15.** ENTRADAS - Ribeira de Terges - Rio Guadiana - 1970
- 048 **16.** LIMNÍGRAFO DE PRESSÃO - TELEMEDIDA - Omnias - Santarém - Rio Tejo - 1981
- 049 **17.** ESCALAS HIDROGRÁFICAS - Omnias - Santarém - Rio Tejo - 1971
- 050 **18.** ALMOUROL - Rio Tejo - 1971
- 051 **19.** MEDIÇÃO DE CAUDAL COM CABO DE SUSPENSÃO - Omnias - Santarém - Rio Tejo - 1973
- 052 **20.** VENDINHA - Rio Degebe - Rio Guadiana - 1976
- 053 **21.** BODEGA - Ribeira de Alportel - Rio Gilão - Algarve - 1975
- 054 **22.** CURRAL BOIEIROS - Ribeira de Almargem - Algarve - 1975
- 056 **23.** RASCOA - Rio Abriolongo - Rio Guadiana - 1977
- 057 **24.** MESQUITA - Ribeira de Alcantarilha - Algarve - 1977
- 058 **25.** VILA FORMOSA - Ribeira de Seda - Rio Tejo - 1979
- 059 **26.** PONTE RODOVIÁRIA - Ribeira de Quarteira - Algarve - 1979
- 060 **27.** OEIRAS - Ribeira de Oeiras - Rio Guadiana - 1981
- 061 **28.** VALE DE JOANAS - Ribeira de Grândola - Rio Sado - 1982
- 062 **29.** COIRO DA BURRA - Rio Seco - Algarve - 1983
- 066 **30.** MAQUINETA DE ESTEVÃO CABRAL - 1786

- 067 **31.** TACHOMETRO AMSLER LAFFON - 1870
- 068 **32.** MOLINETE HIDRÁULICO A.OTT - 1912
- 070 **33.** MOLINETE HIDRÁULICO A.OTT - 1920
- 072 **34.** CONTADOR DE SINAIS ACÚSTICOS - AUSCULTADOR E MOLINETE HIDRÁULICO A.OTT - 1920
- 074 **35.** BARQUINHA COM MOLINETE HIDRÁULICO A.OTT ACOPULADO - 1920
- 075 **36.** BARQUINHA COM MOLINETE HIDRÁULICO A.OTT ACOPULADO - 1920
- 076 **37.** MOLINETE HIDRÁULICO TUBOLAR AMSLER Nº4 - 1925
- 078 **38.** CONTADOR DE TRANSMISSÃO DE SINAIS ACÚSTICOS E MOLINETE HIDRÁULICO TUBOLAR AMSLER Nº4 - 1925
- 080 **39.** MOLINETE HIDRÁULICO AMSLER Nº5 - 1925
- 082 **40.** MOLINETE HIDRÁULICO PRICE Nº622-A - 1928
- 083 **41.** MOLINETE HIDRÁULICO A.OTT - LAHN - 1928
- 084 **42.** CONTADOR DE SINAIS E MOLINETE - Arkansas - 1958
- 086 **43.** MOLINETES HIDRÁULICOS A.OTT - Arkansas cópia - J. CIPRIANO - 1958
- 087 **44.** MOLINETE HIDRÁULICO A.OTT - SUSPENSO COM LEME, PESO, BARRA ESTABILIZADORA E CONTACTO DE FUNDO (CONJUNTO UNSTRUT) - 1973
- 088 **45.** MOLINETE HIDRÁULICO A.OTT - C.31 - 1978
- 090 **46.** CONTADOR DE SINAIS DIGITAL E MOLINETE A.OTT - C.31 - 1978
- 092 **47.** MOLINETE HIDRÁULICO SEBA.001 - 1979
- 094 **48.** MOLINETE HIDRÁULICO A.OTT - C.2 - 1979
- 095 **49.** HÉLICES DO MOLINETE HIDRÁULICO A.OTT - C.2 - 1979
- 096 **50.** CONTADOR DE SINAIS DIGITAL A.OTT Z 200 - 1982
- 100 **51.** TURBIDISSONDA INTEGRADORA DE PROFUNDIDADE USDH-59 - 1977
- 101 **52.** TURBIDISSONDA INTEGRADORA PONTUAL USP-46R - 1977
- 102 **53.** TURBIDISSONDA INTEGRADORA PONTUAL USP-46R - 1977
- 103 **54.** INSTALAÇÃO DO MANÓMETRO E MOTOBOMBA DE RECOLHA DO CAUDAL SÓLIDO EM SUSPENSÃO - 1977
- 104 **55.** MANÓMETRO DE PRESSÃO DIFERENCIAL DO SISTEMA DE MOTOBOMBA - 1977
- 105 **56.** AMOSTRADOR DO SISTEMA DE MOTOBOMBA DE RECOLHA DE CAUDAL SÓLIDO EM SUSPENSÃO - 1977
- 106 **57.** AMOSTRADOR DE DIFERENÇA DE PRESSÃO - FUNDO - ARNHEM-BTMA - 1977
- 107 **58.** AMOSTRADOR DE DIFERENÇA DE PRESSÃO - FUNDO - ARNHEM-BTMA - 1977
- 108 **59.** DRAGA DE FUNDO - 1977

AUTOR

João Mimoso Loureiro

FOTOGRAFIA

Arquivo DGRN

João Mimoso Loureiro

DESIGN E PRODUÇÃO

Arte Final, Design e Publicidade, Lda.

DEPÓSITO LEGAL

298287/09

ISBN

978-989-96162-2-6



Rua Braamcamp, nº 7 • 1250-048 Lisboa • PORTUGAL
Telf.: +351 211 554 800 • Fax: +351 211 554 809
www.arhtejo.pt