

II-433 – INATIVAÇÃO DE OVOS DE *Ascaris suum* NA DESINFECÇÃO DE EFLUENTES SANITÁRIOS POR RAIOS ULTRAVIOLETA

Gloria Suzana Meléndez Bastos de Souza

DMA/SPAM/DVHD

Ludmila Alves Rodrigues

graduanda Ciências Biológicas UFMG

Rodrigo Neves Ferreira

Graduando em Ciências Biológicas Faculdade Pitágoras

Edilaine Gomes da Silva

Graduando em Engenharia Ambiental UFMG

Carlos Augusto de Lemos Chernicharo

Professor da Escola de Engenharia UFMG

Marcos Pezzi Guimarães

Professor do Instituto de Ciências Biológicas UFMG

Endereço⁽¹⁾: Rua Mar de Espanha 525 Santo Antônio - Belo Horizonte - MG - CEP: 30330-900 - Brasil - Tel: (31) 3250-1811 - e-mail: suzana.melendez@copasa.com.br

RESUMO

A prática de desinfecção de esgoto é uma ferramenta importante para melhorar a qualidade do efluente tratado, tendo em vista a minimização dos impactos nos corpos receptores e a utilização de efluentes tratados para finalidades mais nobres, como é o caso da fertirrigação. A desinfecção por radiação ultravioleta tem se mostrado tecnicamente viável. O presente trabalho teve como objetivo a investigação da desinfecção de efluentes domésticos pela ação da radiação UV utilizando como indicador de eficiência o parâmetro viabilidade de ovos de *Ascaris suum*, parasita intestinal suíno semelhante morfológicamente ao *Ascaris lumbricoides*, parasita intestinal humano. Para tal, foram utilizados aparatos experimentais: reator anaeróbio (UASB) seguido de filtro biológico percolador (FBP), e fotorreator de lâmpadas emersas, todos em escala de demonstração e localizados no Centro de Pesquisa e Treinamento da UFMG/COPASA. O esgoto tratado alimentou um tanque de 3000L afluente ao fotorreator, logo após ajustou-se a vazão para o TDH necessário para cada dose de radiação UV testada. O cálculo da dose de radiação ultravioleta aplicada pelos fotorreatores é descrita pela equação $D = TDH \times I_M$, onde D = Dose de radiação UV ($mW.s.cm^{-2}$); TDH = tempo de detenção hidráulica (s); e I_M = intensidade média ($mW.cm^{-2}$). As doses utilizadas neste estudo foram: $17,4 mW.s.cm^{-2}$; e $34,8 mW.s.cm^{-2}$. A dose de radiação UV de $17,4 mW.s.cm^{-2}$ (60 segundos) foi capaz de inativar aproximadamente 63% dos ovos de *A. suum*, enquanto que a dose de $34,8 mW.s.cm^{-2}$ (120 segundos) foi capaz de inativar 95% dos ovos, ou seja, de um uma média total de 768 ovos apenas 46 ovos não foram inativados, o que evidencia que a desinfecção de esgoto por radiação UV se mostra eficiente para inativar organismos patogênicos resistentes.

PALAVRAS-CHAVE: Desinfecção de esgoto, fotorreator, radiação ultravioleta, ovos de *Ascaris suum*.

INTRODUÇÃO

Diante do quadro de constante aumento populacional, acompanhado da crescente deterioração da qualidade da água, há uma influência acentuada e negativa no equilíbrio das comunidades aquáticas. Neste contexto, depreende-se que a prática de desinfecção de esgoto é uma ferramenta importante para melhorar a qualidade do efluente tratado, de forma que o lançamento deste no ambiente, ou sua utilização para fins agrícolas, não tenham implicações para a saúde pública.

Existem vários métodos de desinfecção de esgoto, como a cloração e a ozonização. No entanto, um dos problemas que preocupa os pesquisadores ligados à área de parasitologia sanitária envolve justamente a ineficiência dos processos atuais de desinfecção em remover patógenos mais resistentes, como é o caso dos ovos de nematódeos (Galal-Gorchev, 1996; Lapolli et al., 2003; Al-Adawi et al., 2006; Tahri et al., 2010). Neste contexto, de sistema de desinfecção com base na radiação UV tem se mostrado tecnicamente viável. A

aplicação desta tecnologia está em processo de aceitação crescente em todo o mundo. A principal vantagem atribuída à desinfecção por radiação UV é a não formação de subprodutos tóxicos, diferentemente do que pode ocorrer com a cloração e com a ozonização (Metcalf & Eddy, 2004; Masschelein, 2002; Gonçalves et al., 2003). Este método apresenta outras vantagens, entre as quais se destacam: a efetividade na inativação da maioria dos vírus, esporos e cistos; a característica de desinfetante físico, que elimina a necessidade requerida pelos desinfetantes químicos (manipulação, transporte ou armazenamento de produtos), além da ausência da ação residual que possui o potencial de prejudicar os seres humanos e a vida aquática (USEPA, 1999, Lazarova et al., 1999; Oliveira et al., 2002; Tarran, 2002; Chernicharo et al., 2003; Liberti et al. 2003).

Diversos estudos avaliaram o uso da radiação ultravioleta para desinfecção de alguns tipos de efluentes domésticos. Brownell e Nelson (2006) testaram o uso da radiação UV para inativação de ovos de *A. suum* em efluentes domésticos. A dose de radiação UV 40 mW.s.cm⁻² inativou 99,4 % de ovos de *A. suum*.

Em contrapartida, o estudo de Al-Adawi et al. (2006) observou que a radiação UV foi ineficiente na inativação de ovos de *A. lumbricoides*. Foram utilizados suspensões com os ovos obtidos de fezes de pacientes. As suspensões foram filtradas por uma série de malhas metálicas, a fim de concentrar os ovos sem o uso de agentes químicos, que têm o potencial de afetar a viabilidade. Os ovos recuperados de fezes humanas foram transferidos para placas de petri contendo 5 mL de amostras de esgoto proveniente da ETE de Damasco, Síria. Cada placa foi acidificada com H₂SO₄ 0,01 N. Os ovos foram irradiados em doses crescentes de UV. A fonte de radiação foi emitida por uma lâmpada de mercúrio de baixa pressão (UV-C 30 W/G30TB, Phillips), fixada a uma unidade de irradiação UV. Cada amostra foi posicionada a 5 cm do ponto mais baixo da lâmpada. A intensidade de radiação foi medida com um radiômetro (UVX radiômetro Digital E18054, UVP Inc., Upland, CA, E.U.A.). A dose de radiação UV foi determinada a partir da intensidade medida (4.27 mW.cm⁻²) e do tempo de exposição. A temperatura não foi medida durante o tratamento das amostras com raios UV. Após o período de oito semanas de incubação, os ovos foram observados com auxílio de microscópio, mas não houve alterações morfológicas. Em comparação com o controle, as avaliações semanais do desenvolvimento dos ovos indicaram que as amostras irradiadas apresentaram um desenvolvimento acelerado na formação da larva infectante.

As controvérsias da literatura mostram lacunas do conhecimento de que vem ser investigadas a fim de verificar se a radiação UV pode ser um processo eficiente de desinfecção de esgoto. A inserção de desinfecção no fluxograma de uma estação de tratamento é importante para o ciclo de transmissão das doenças de veiculação hídrica, principalmente nos casos em que o reuso de água é uma prerrogativa assumida para a destinação de efluentes tratados. Neste contexto, a presente pesquisa visa investigar o uso da radiação UV para a desinfecção de esgoto tratado, com foco na remoção de ovos de helmintos, dado a crescente importância do reuso de água, bem como a necessidade de redução da incidência de doenças de veiculação hídrica.

O presente trabalho investiga a desinfecção de efluentes domésticos pela ação da radiação UV utilizando como indicador de eficiência o parâmetro viabilidade de ovos de *A. suum*.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os aparatos experimentais necessários para obter o esgoto tratado nesta pesquisa foram: reator anaeróbio seguido de filtro biológico percolador (FBP), e fotorreator de lâmpadas emersas, todos em escala demonstração. A Figura 1 mostra o sistema compacto UASB/FBP.



Figura 1 – Sistema UASB/FBP

A Tabela 1 apresenta as características operacionais dos UASB/FBP.

Tabela 1 – Condições operacionais do sistema UASB/FBP

Reator anaeróbio			Filtro biológico percolador		
Vazão $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$	COV aplicada $\text{kgDBO} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$	TDH horas	Vazão $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$	COV aplicada $\text{kgDBO} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$	TAS $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$
48,0 – 44,3	0,72	8,5 – 9,1	4,54	0,10-0,40 (0,20)	$10 \text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$

COV = Carga orgânica volumétrica aplicada, TAS = Taxa de aplicação superficial

As características físico-químicas do esgoto bruto e do esgoto tratado no sistema UASB/FBP estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Características físico-químicas do sistema UASB/FBP

Parâmetro (mg/L)	Esgoto bruto				Reator anaeróbio				Filtro biológico percolador			
	N	Median a	Médi a	DP	N	Median a	Média	DP	N	Median a	Média	DP
DQO total	95	475	481	149	98	190	216	107	98	130	156	100
DBO total	46	227	252	115	43	62	81	54	44	51	57	40
SST	80	227	247	127	79	54	71	66	52	49	67	52

DQO = Demanda química de oxigênio; DBO = Demanda bioquímica de oxigênio; e SST = sólidos suspensos totais; número de amostras

A Figura 2 mostra o fotorreator de lâmpadas emersas (FRE) e o esquema do equipamento.

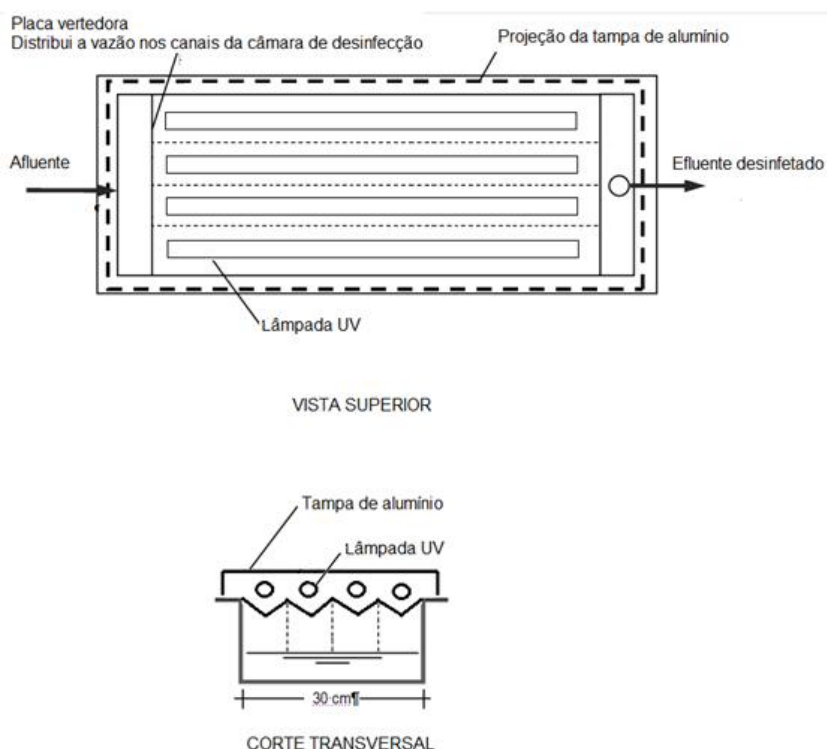


Figura 2 – Foto e esquema do fotorreator de lâmpadas emersas (FRE)

A Figura 3 mostra o fluxograma dos procedimentos para obtenção de amostras a serem irradiadas com raios UV.

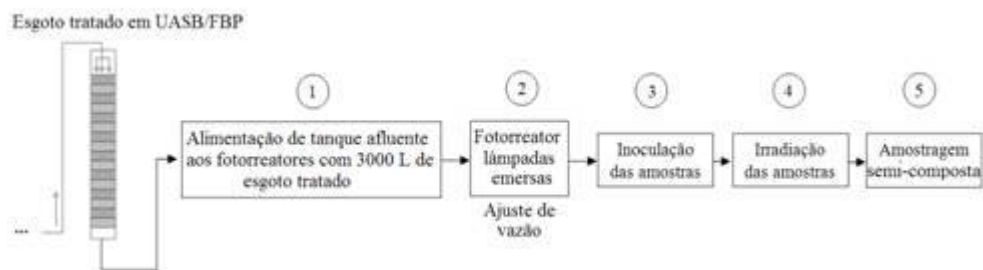


Figura 3– Fluxograma dos procedimentos para obtenção de amostras a serem irradiadas com raios UV

O esgoto tratado alimentou um tanque de 3000 L aflente aos fotorreatores (1). Ajustou-se a vazão para o TDH necessário em cada teste (2). Na sequência o tanque de alimentação do fotorreator foi contaminando artificialmente com aproximadamente 4 milhões de ovos de *A. suum* com o objetivo de obter uma contagem de ovos por litro de efluente maior que 100 ovos /L. O esgoto foi submetido à homogeneização constante com auxílio de hélice por pelo menos 5 minutos antes de iniciar o ensaio em fluxo semi-contínuo (3). O esgoto tratado passou pelo fotorreator (4). Foi realizada amostragem semi-composta (5).

O cálculo da dose de radiação ultravioleta aplicada pelo fotorreator é descrita pela equação $D = TDH \times I_M$, onde D = Dose de radiação UV ($mW.s.cm^{-2}$); TDH = tempo de detenção hidráulica (s); e I_M = intensidade média ($mW.cm^{-2}$). A intensidade luminosa nos diversos visores que quartzo dos fotorreatores foram medidas pelo contato com o sensor do Medidor de luz ultravioleta digital - Radiômetro (MOD. UVC 254 - COD. 2056 – Marca Lutron /Instrutherm com que detecta a radiação UV no comprimento de onda de 254 nm.

Tabela 3 – Condições operacionais dos fotorreatores de lâmpadas imersas e lâmpadas emersas

TDH (s)	I_M (mW.cm ⁻²)	Dose aplicada (mW.s.cm ⁻²)
120	0,29	34,8
180	0,29	52,2

Para verificar a efetividade da radiação UV na inativação de ovos de *A.suum* em esgoto tratado por reator anaeróbio seguido de filtro biológico percolador, foi realizado a análise da viabilidade dos ovos, de acordo com a técnica de incubação adaptada por Zerbini & Chernicharo (2001).

RESULTADOS

A Tabela 4 mostra os dados da estatística descritiva da quantidade de ovos totais e viáveis de *A. suum*, após a desinfecção de esgoto com fotoreator de lâmpadas emersas. Vale salientar que a concentração de sólidos suspensos totais (SST) no efluente desinfetado variou entre 42 e 63 mg/L, níveis maiores que os mencionados pela USEPA (1986) para um melhor desempenho da desinfecção por radiação UV.

Tabela 4 – Quantidade de ovos de *A. suum*/L em cada dose de radiação UV testada.

Dados	Dose de radiação UV aplicada									
	Controle		(8,7 mW.s.cm ⁻²)		(17,4 mW.s.cm ⁻²)		(34,8 mW.s.cm ⁻²)		(34,8 mW.s.cm ⁻²)	
	Totais	viáveis	totais	viáveis	totais	viáveis	totais	viáveis	totais	viáveis
Média	571,6	545,2	182,4	92,0	636,8	189,8	642,9	50,6	286,8	10,1
Mediana	330,0	287,0	111,0	62,0	389,0	116,0	732,0	31,5	287,0	3,0
Desvio padrão	764,1	766,3	129,3	65,5	508,4	168,0	282,9	42,6	186,3	18,2
Nº de amostras	17	17	18	18	12	12	10	10	12	12
Valor máximo	3247,0	3237,0	423,0	225,0	1594,0	500,0	931,0	115,0	704,0	65,0
Valor mínimo	134,0	98,0	41,0	16,0	197,0	40,0	138,0	5,0	57,0	0,0

A Tabela 5 e a Figura 5 apresentam os dados referentes à eficiência de inativação dos ovos de *A. suum* pela radiação UV.

Tabela 5 – Eficiência de inativação de ovos de *A. suum* em cada dose de radiação UV testada.

Dados	Controle		(8,7 mW.s.cm ⁻²)		(17,4 mW.s.cm ⁻²)		(34,8 mW.s.cm ⁻²)		(52,2 mW.s.cm ⁻²)	
	%	log	%	log	%	log	%	log	%	log
Média	8,3	0,04	50,0	0,31	68,0	0,55	92,5	1,20	97,1	1,72
Mediana	4,2	0,02	52,1	0,32	66,3	0,47	94,2	1,24	97,6	1,43
Desvio padrão	8,3	0,04	7,8	0,07	11,6	0,27	4,5	0,28	2,8	0,63
Nº de amostras	17	17	18	18	12	12	10	10	12	10
Valor máximo	26,9	0,14	61,0	0,41	95,5	1,35	97,6	1,61	100,0	3,00
Valor mínimo	0,3	0,001	35,4	0,19	52,3	0,32	85,3	0,83	90,8	1,03

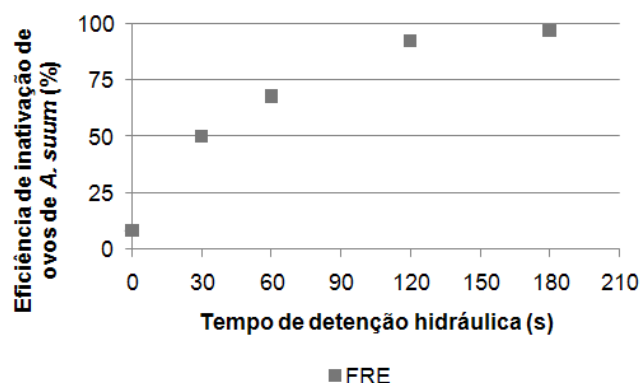


Figura 4 – Eficiência da desinfecção por radiação UV

Brownell e Nelson (2006) reportaram uma inativação de 68,4% de ovos de *A. suum* em esgoto irradiado com 50 mW.s.cm⁻² e de 99,4% em esgoto irradiado com 400 mW.s.cm⁻², em bancada. No presente estudo a eficiência alcançada foi de 97,1% de inativação de ovos de *A. suum* com a dose de 52,2 mW.s.cm⁻² (vide Tabela 4). Por outro lado, os achados desta pesquisa divergiram dos achados de Al-Adawi et al. (2006), que observaram que a radiação UV estimulou o desenvolvimento de ovos de *A. lumbricoides*.

Uma tentativa de justificar a diferença dos resultados apresentados seria explorar as diferenças no preparo e na inoculação dos ovos de ascarídeos no volume de cada experimento. A pesquisa na qual os achados corroboram com o presente estudo vale destacar que os ovos de *Ascaris suum* foram preparados a partir de fezes suínas (Brownell & Nelson, 2006), onde os ovos foram consideravelmente diluídos em suspensão de tampão fosfato. Este fato pode ter favorecido a retirada do excesso de pigmentos fecais dos ovos, que de acordo com Wharton (1980) pode conferir proteção. Já Al-Adawi et al. (2006) utilizaram os ovos suspensos em uma pequena quantidade de água e provavelmente estariam ainda bastante impregnados com os pigmentos fecais. Este fato poderia, então, oferecer proteção aos ovos. A aceleração do desenvolvimento dos ovos verificada nesta pesquisa poderia então estar associada ao aumento da temperatura da amostra de esgoto (amostra de 5 mL) que foi irradiado apenas a 5 cm da fonte de radiação UV.

A dose 34,8 mW.cm⁻² de radiação UV, no caso do FRE, apresentou uma recuperação de 643 ovos totais, e apenas 50 ovos foram viáveis após a irradiação (vide Tabela 3). Com base neste dado, esta pesquisa sugere, por extrapolação matemática (proporção linear) que essa mesma dose para desinfecção com até 12 ovos de helmintos.

A dose 52,2 mW.cm⁻² de radiação UV, também no caso do FRE, apresentou uma recuperação de 287 ovos totais, e apenas 10 ovos foram viáveis após a irradiação (vide Tabela 3). Com base neste dado, esta pesquisa sugere, por extrapolação (proporção linear), que essa mesma dose para desinfecção pode ser aplicada em efluente com até 30 ovos de helmintos.

CONCLUSÕES

A dose de radiação UV de 52,2 mW.s.cm⁻² apresenta eficiência média de inativação de ovos de *A. suum* de 97,1%,. Eficiência de remoção desta ordem de grandeza é suficiente para garantir que a qualidade parasitológica de efluentes após desinfecção, no caso de efluentes com até 30 ovos/L. Vale salientar que, para as condições experimentais do presente estudo, a quantidade média de ovos viáveis de *A. suum* por litro de efluente tratado não atendeu aos requisitos exigidos para utilização de esgoto tratado (WHO, 2006a). Ainda assim, este estudo recomenda o emprego da referida dose para desinfecção de efluentes sanitários com baixa concentração de ovos de helmintos, nos casos de não utilização de efluente para irrigação;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AL-ADAWI, M.A.; ALBARODI, H.; HAMMOUDEH, A.; SHAMMA, M; SHARABI, N. Accelerated larvae development of *Ascaris lumbricoides* eggs with ultraviolet radiation. *Radiation Physics and Chemistry* 75: 115–119. 2006.
2. BROWNELL, S.A.; NELSON, K.L.; Inactivation of single-celled *Ascaris suum* eggs by low pressure UV radiation. *Applied and Environmental Microbiology* 72: 2178-2183. 2006.
3. CHERNICHARO, C.A.L.; CASTRO, J.C.S.; ZERBINI, A.M.; GODINHO, V.M. Inactivation of *E. coli* and helminthes eggs in aerobic and anaerobic effluents using UV radiation. *Water Science Technology* 47: 185-192. 2003.
4. GALAL-GORCHEV, H. Chlorine in water disinfection. *Pure & Appl. Chem.* 68: 1731-1735. 1996.
5. GONÇALVES, R.F.; FILHO, B.C.; CHERNICHARO, C.A.L.; LAPOLLI, F.R.; AISSE, M.M.; PIVELI, R.P. Desinfecção por radiação ultravioleta. In: GONÇALVES, R. F. *Desinfecção de efluentes sanitários*. ABES Rio de Janeiro, PROSAB 3, p.209-276. 2003.
6. LAPOLLI, F.R.; SANTOS, L.F.; HASSEMER, M.E.N.; AISSE, M.M.; PIVELI, R.P.; Desinfecção por radiação ozonização. In: Gonçalves, R. F. (Coordenador); *Desinfecção de efluentes sanitários*. PROSAB 3 Rio de Janeiro, 169-208. 2003.
7. LAZAROVA, V.; SAVOYE, P.; JANEX, M.L.; BLATCHLEY, E.R.; POMMEPUY, M. Advanced Wastewater Disinfection Technologies: State of the Art and Perspectives. *Water Sci. Technol.* 40: 203–213. 1999.
8. LIBERTI, L.; NOTARNICOLA, M.; PETRUZZELLI, D.; Advanced treatment for municipal wastewater reuse in agriculture. UV disinfection: parasite removal and by-product formation. *Desalination* 152: 315-324. 2003.
9. MASSCHELEIN, W.J.; *Ultraviolet Light in Water and Wastewater Sanitation*. Lewis Publishers. 2002.
10. METCALF & EDDY. *Wastewater engineering: treatment, disposal, reuse*. 4 ed. Metcalf & Eddy, Inc. 1819p. 2004.
11. OLIVEIRA, E.M.; HASSEMER, M.E.N.; BENTO, A.P.; SARTORATTO, J.; LAPOLLI, F.R. Desinfecção e valorização de efluentes sanitários através da radiação ultravioleta. In: XXVIII Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Cancun, México. 2002.
12. TAHRI, L.; ELGARROUJ, D.; ZANTAR, S.; MOUHIB, M.; AZMANI, A.; SAYAH, F. Wastewater treatment using gamma irradiation: Tétouan pilot station, Morocco. *Radiation Physics and Chemistry* 79: 424–428. 2010.
13. TARRAN, E.P.; Desinfección por luz ultravioleta. *Revista Água Latinoamérica* 2: p.28- 35. 2002.
14. USEPA United States Environmental Protection Agency 1999b. *Wastewater Technology Fact Sheet Ultraviolet disinfection* 7pp. 1999.
15. WHARTON, D.A. Nematode egg-shells. *Parasitology* 81: 447-463. 1980.