



## VI-090 - AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA DE UM RESERVATÓRIO DE ABASTECIMENTO LOCALIZADO NA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA-CE: AÇUDE ACARAPE DO MEIO

**Carlos Henrique Andrade Pacheco<sup>(1)</sup>**

Formado em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE. Mestrando em Engenharia Sanitária e Ambiental na UFCG-PB. Professor Efetivo do IFCE Campus Sobral.

**Beatriz Susana Ovruski de Ceballos<sup>(2)</sup>**

Bioquímica/Univ. Nacional de Tucumán-Argentina. Msc. em Microbiologia pela Univ. Federal de São Paulo/SP. Doutora em Microbiologia Ambiental pela Univ. de São Paulo/USP. Professora Titular da Univ. Estadual de Paraíba-UEPB. Professora do Programa de Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental/UFCG-PB.

**Raimundo Bemvindo Gomes<sup>(3)</sup>**

Formado em Engenharia de Alimentos pela Universidade Federal do Ceará. Msc. em Engenharia Sanitária e Ambiental pela UFCG-PB. Professor Efetivo do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará Campus Sobral.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Dr. Guarani, 317, Derby Clube – Sobral-CE - CEP: 62040-730 - Brasil - Tel: (88) 3677-2533 – email: [carloshenrique@ifce.edu.br](mailto:carloshenrique@ifce.edu.br)

### RESUMO

Grande parte dos reservatórios Brasileiros encontram-se em avançado estado de eutrofização, devido à ocupação desordenada de suas bacias hidrográficas, sendo a descarga de nutrientes um dos principais fatores responsáveis pelo aceleração deste processo. O trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade das águas do Açude Acarape do Meio, através da análise das variáveis físicas e químicas e utilizar o Índice de Estado Trófico (IET) para avaliação da evolução da eutrofização. Os resultados demonstraram que não houve variação significativa entre os pontos de amostragem (CV=1%), demonstrando que o ecossistema aquático encontra-se homogeneamente eutrofizado. O valor máximo do IET (74) foi verificado na zona limnética onde, também, ocorreram maiores valores de matéria orgânica biodegradável ( $DBO_5 = 14 \text{ mg/L}$ ) e de ortofosfato solúvel (OPS =  $55 \mu\text{g/L}$ ), juntamente com elevados valores de fósforo total (PT- $187 \mu\text{g/L}$ ) e de nitrogênio amoniacal total ( $0,104 \text{ mg/L}$ ) que indicam acumulação de material biodegradável nesta zona. As concentrações mais elevadas de N-org, NTK, PT e clorofila "a", encontra-se nos tributários principais, assim como valores elevados e próximos de matéria orgânica ( $DBO_5$  entre  $11 \text{ mg/L}$  e  $14 \text{ mg/L}$ ), indicando que as maiores cargas de poluentes são externas e pontuais, o que sugere medidas de manejo da bacia, voltadas para redução da cargas que chegam ao reservatório. Os valores de IET calculados no Açude Acarape do Meio, caracteriza o seu elevado estado de eutrofização e ocorrendo em virtude da grande contribuição de macronutrientes carreados através dos tributários principais. Os órgãos gestores ambientais e o comitê de bacia devem definir em comum acordo ações que contribuam para o seu efetivo enquadramento e através de um programa de manejo, elaborar um cenário para curto, médio e longo prazo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eutrofização, reservatórios, estado trófico.

### INTRODUÇÃO

O Brasil caracteriza-se por apresentar extensas redes fluviais, fluindo cerca de  $257.790 \text{ m}^3/\text{s}$  de águas propícias a diversos usos, esta vazão corresponde a aproximadamente 18% do potencial hídrico utilizável do planeta (SETTI, 1998). Os reservatórios inicialmente foram concebidos para atender à crescente demanda energética registrada no País durante as ultimas décadas, vêm sendo utilizados, para o controle de vazão, recreação, navegação e principalmente para o abastecimento de água, estes usos realizados sem planejamento geram impactos na quantidade e qualidade das águas (TUNDISI *et al.*, 2002).

A eutrofização artificial é considerada um dos principais problemas relacionado à qualidade dos recursos hídricos. Os estudos sobre a eutrofização de ambientes aquáticos foram intensificados a nível mundial a partir da segunda metade do século XX, quando foi verificado que numerosos ambientes lênticos apresentavam com frequência crescente excesso de algas que conferiam sabor, odor e aspecto desagradável a água além de dificultar o tratamento de potabilização (VOLLENWEIDER, 1968).



O gerenciamento da qualidade da água de reservatórios é uma questão complexa em razão da dinâmica natural destes ecossistemas, associado as atividades antrópicas desenvolvidas na região onde estes ambientes estão localizados. O monitoramento da qualidade é uma ferramenta essencial à implantação dos instrumentos de gestão, gerando informações estratégicas, capazes de orientar a definição de diretrizes, programas e atividades para manutenção e melhoria da qualidade da água nos reservatórios (BOLLMANN, *et al.*, 2005).

O trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade das águas do Açude Acarape do Meio, através da análise sazonal das variáveis físicas e químicas e utilizar o Índice de Estado Trófico (IET de Carlson, 1974, modificado por Toledo *et al.*, 1983) para avaliação da evolução da eutrofização.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Açude Acarape do Meio, objeto deste estudo, é banhado pelo Rio Pacoti. Sendo o principal manancial da Região Metropolitana de Fortaleza, o rio nasce na Serra de Baturité e percorre 112,5 Km, no sentido sudoeste/nordeste. Este reservatório esta localizado em região montanhosa. Sua capacidade de acumulação é de 34hm<sup>3</sup>, com bacia hidráulica de 2,29 Km<sup>2</sup>. Os rios barrados são Acarape e Pacoti.

### 2.2. SISTEMA DE PRODUÇÃO DO AÇUDE ACARAPE DO MEIO

O açude faz parte do sistema de abastecimento da região Metropolitana de Fortaleza e é o responsável pelo suprimento de água bruta para o Distrito Industrial de Maracanaú e das cidades de Pacatuba, Guaiúba, Maranguape, Redenção, Acarape, Barreira e do distrito de Antônio Diogo, além da perenização de vales entre os municípios de Redenção e Acarape

### 2.3. FREQUÊNCIA, VARIÁVEIS ANALISADAS E LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM

Entre os meses de janeiro a julho/2008 foram realizadas coletas sub-superficiais, com frequência mensal e campanhas para levantamento de dados sobre os usos e ocupação da área da bacia. Para o monitoramento da qualidade de água foram selecionadas e georeferenciadas sete estações de amostragem, estando localizadas da seguinte forma: entrada dos rios principais (PT1, PT2 e PT3), zona limnética (PT4 e PT5), sangradouro (PT6) e próximo ao ponto de captação de água (PT7), conforme apresentado na Tabela 1. Foram determinadas as variáveis transparência (S), pH, DBO<sub>5</sub>, oxigênio dissolvido (OD), nitrogênio amoniacal total (NH<sub>3</sub>-T), nitrogênio orgânico (N-org), fósforo total (PT), ortofosfato solúvel (OPS) e clorofila "a". As análises, a coleta e as preservações das amostras seguiram as recomendações de APHA, 2005 (Tabela 2).

**Tabela 1: Localização Geográfica dos pontos de amostragem.**

Estações de amostragem	Coordenadas		Identificação
	UTM	Geográfica	
Ponto – 01	0520100/9536118	04°11.807'/038°49.133'	Entrada de Tributário (Riacho Brenha)
Ponto – 02	0520316/9537208	04°11.216'/038°49.016'	Entrada de tributário (Rio Pacoti)
Ponto – 03	0520304/9537982	04°10.796'/038°49.024'	Entrada de Tributário (Riacho Canabrava)
Ponto – 04	0520806/9536912	04°11.377'/038°48.752'	Centro 01
Ponto – 05	0521270/9536524	04°11.587'/038°48.500'	Centro 02
Ponto – 06	0522162/9537232	04°11.202'/038°48.018'	Sangradouro
Ponto – 07	0522288/9536500	04°11.601'/038°47.949'	Próximo a captação



Tabela 2: Parâmetros, metodologias analíticas e referências.

Variáveis	METODOLOGIA	REFERÊNCIAS
Transparência	Disco de Secchi	PREINSEENDORFER, 1986
pH	Potenciométrico	APHA <i>et. al.</i> , 2005
DBO <sub>5</sub>	Frascos padrões – método iodométrico	
Oxigênio dissolvido	Método iodométrico – modificação azida	
Nitrogênio amoniacal total	Espectrofotométrico de Absorção Molecular – Método da Nesslerização Direta	APHA <i>et. al.</i> , 1989
Nitrogênio orgânico	Espectrofotométrico de Absorção – Digestão e destilação Macro-Kjeldahl, seguida de nesslerização direta	
Nitrogênio total Kjeldahl		
Fósforo total	Espectrofotométrico de Absorção Molecular – Método do Ácido Ascórbico	APHA <i>et. al.</i> , 2005
Ortofosfato solúvel		
Clorofila “a”	Espectrofotométrico de Absorção – Método da Acetona a frio	

#### 2.4. ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO

O Índice de estado trófico foi calculado de acordo com o IET de Carlson (1974), modificado por Toledo *et al.* (1983), que utiliza as seguintes equações:

$$\text{IET(S)} = 10 \times \{6 - [(0,64 + \ln S) / \ln 2]\} \dots\dots\dots \text{equação (1)}$$

$$\text{IET(P)} = 10 \times \{6 - [\ln (80,32 / P) / \ln 2]\} \dots\dots\dots \text{equação (2)}$$

$$\text{IET(PO}_4\text{)} = 10 \times \{6 - [\ln (21,67 / \text{PO}_4) / \ln 2]\} \dots\dots\dots \text{equação (3)}$$

$$\text{IET(CL)} = 10 \times \{6 - [(2,04 - 0,695 \ln \text{CL}) / \ln 2]\} \dots\dots\dots \text{equação (4)}$$

De acordo com Toledo *et al.* (1983), a transparência medida através do disco de Secchi é afetada pela elevada turbidez da água na maior parte do ano. Para compensar este problema, sugere-se ponderar o IET médio, de forma a dar menor peso a variável transparência da água, da seguinte forma:

$$\text{IET (médio)} = \{\text{IET(S)} + 2[\text{IET(P)} + \text{IET(OPS)} + \text{IET(Cl “a”)}]\} / 7 \dots\dots\dots \text{equação (5)}$$

## RESULTADOS

Na Tabela 3 são apresentados os valores médios das variáveis estudadas e do IET.

**Tabela 3: Valores médios, coeficientes de variação e desvio das variáveis da qualidade de água nas sete estações de amostragem e do IET do Açude Acarape do Meio/CE, Brasil (período de janeiro a julho/2008)**

Variáveis	Pontos de amostragem							MÉDIA	CV* (%)	DP**
	PT1	PT2	PT3	PT4	PT5	PT6	PT7			
S (m)	0,36	0,41	0,36	0,45	0,44	0,40	0,40	0,40	8,7	0,03
pH	8,7	8,8	8,7	8,5	8,6	8,8	8,9	8,7	1,5	0,13
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	14	11	11	8	14	11	9	11	20,4	2,27
OD (mg/L)	10	9	10	8	8	10	9	9	9,8	0,90
NH <sub>3</sub> -T (mg/L)	0,087	0,056	0,123	0,142	0,104	0,085	0,397	0,142	81,6	0,12
N-org (mg/L)	0,8	1,1	1,6	1,3	1,2	1,1	1,2	1,2	20,3	0,24
NTK (mg/L)	1,9	1,2	1,7	1,5	1,3	1,2	1,6	1,5	18,0	0,27
PT (µg/L)	225	201	214	179	203	187	202	202	7,7	15,43
OPS (µg/L)	24	31	32	48	55	46	54	42	30,7	12,85
Cl “a” (µg/L)	94	84	103	76	73	86	72	84	13,7	11,50
IET***	72	72	73	72	74	73	73	73	1,0	0,76

\*Coeficiente de variação; \*\*Desvio padrão; \*\*\*IET ≤ 44 oligotrófico; 44 < IET < 54 mesotrófico; IET ≥ 54 eutrófico.



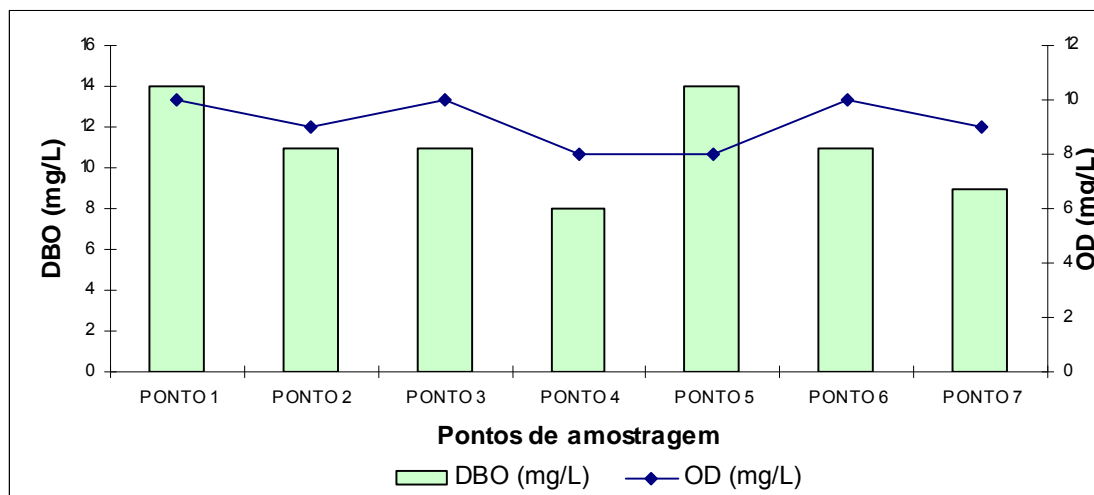
Não houve variação significativa entre os pontos de amostragem ( $CV=1\%$ ), demonstrando que o ecossistema aquático encontra-se homogeneamente eutrofizado ( $IET>54$ ). O valor máximo do IET (74) foi verificado na zona limnética (PT5), onde, também, ocorreram os maiores valores de matéria orgânica biodegradável ( $DBO_5 = 14 \text{ mg/L}$ ) e de ortofosfato solúvel ( $OPS = 55 \text{ } \mu\text{g/L}$ ), juntamente com elevados valores de PT ( $187 \text{ } \mu\text{g/L}$ ) e de  $\text{NH}_3\text{-T}$  ( $0,104 \text{ mg/L}$ ) que indicam acumulação de material biodegradável nesta zona, assim como também em PT4.

Destaca-se que as concentrações mais elevadas de N-org, NTK, PT e clorofila “a”, encontra-se nos tributários principais, assim como valores elevados e próximos de matéria orgânica ( $DBO_5$  entre  $11 \text{ mg/L}$  e  $14 \text{ mg/L}$ ), indicando que as maiores cargas de poluentes são externas e pontuais, o que sugere medidas de manejo da bacia, voltadas para redução da cargas que chegam ao reservatório.

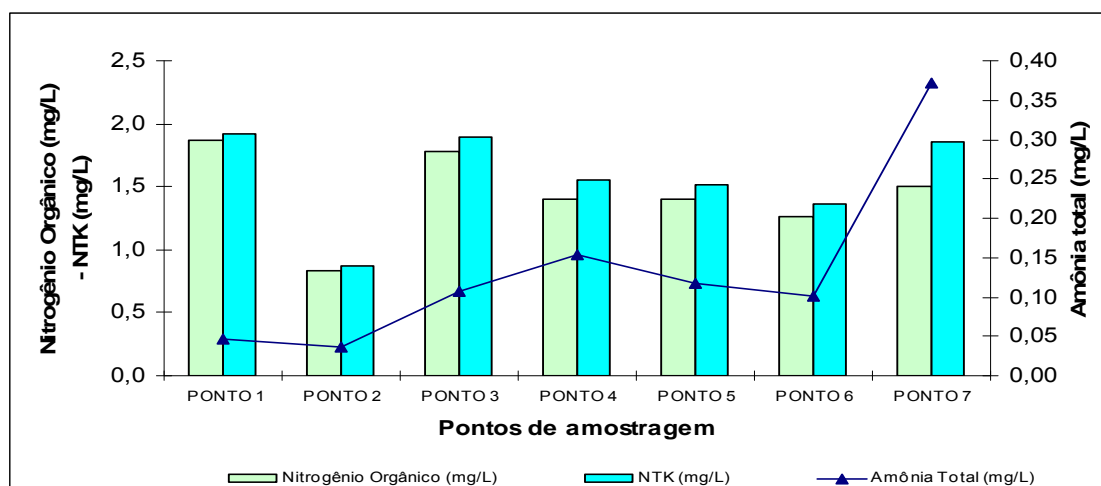
Considerando que as concentrações de clorofila “a”, foram de  $94 \text{ } \mu\text{g/L}$  e  $103 \text{ } \mu\text{g/L}$  em PT1 e PT3, valores estes bastante elevados, as medidas de controle devem tender a redução dos macronutrientes, que chegam até o açude através dos tributários, assim com a redução da matéria orgânica biodegradável.

A concentração de macronutrientes e material orgânico nos pontos centrais do manancial sugerem a necessidade de estudos batimétricos, medições de vazões de entrada e a determinação da direção das correntes de água, os quais podem indicar a necessidade da retirada de sedimento em alguns locais, como PT5 e PT4, para favorecer o fluxo da água para o ponto de saída.

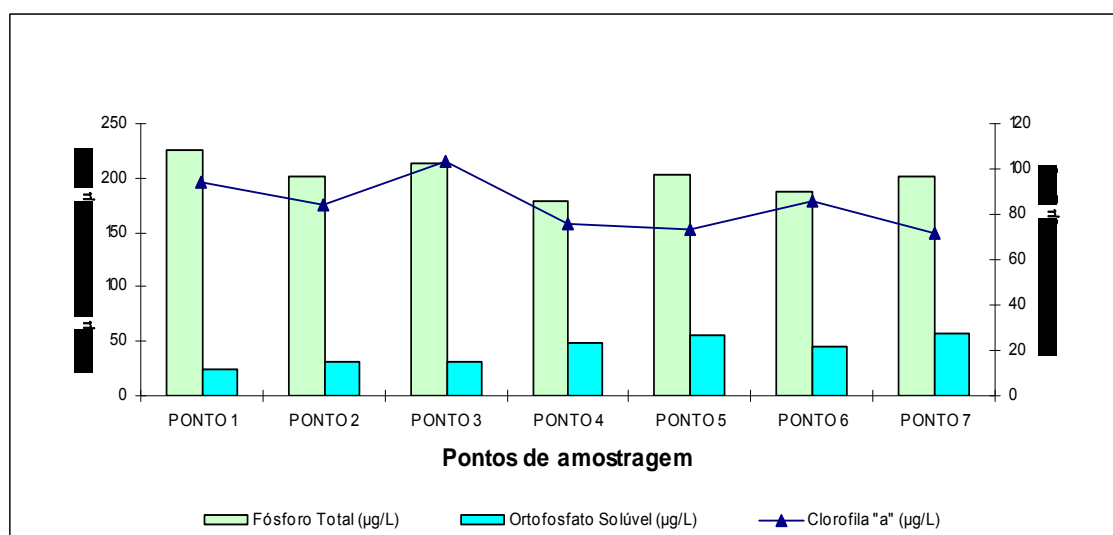
A baixa transparência (média de  $0,4 \text{ m}$ ) é devido à alta concentração de algas e cianobactérias nas camadas superficiais da água, diminuindo assim a penetração de oxigênio ao longo da coluna de água, favorecendo o processo de biodegradação anaeróbica nas regiões mais profundas, ocasionando a liberação de gases tóxicos que provocam a mortandade de peixes e limitando os usos múltiplos, entre estes o abastecimento humano (Figuras 1, 2 e 3).



**Figura 1** – Variação de  $DBO_5$  e OD, durante o período de monitoramento do Açude Acarape do Meio.



**Figura 2** – Variação de N-org, NTK e  $\text{NH}_3\text{-T}$ , durante o período de monitoramento do Açude Acarape do Meio.



**Figura 3** – Variação de PT, OPS e clorofila “a”, durante o período de monitoramento do Açude Acarape do Meio.

Com base nestas informações, a serem complementadas com uma série maior de dados (de pelo menos um ano, para obter informações de um ciclo hidrológico completo) serão elaborados cenários de gestão de médio e longo prazo. As medidas de gestão devem tender a restabelecer a qualidade do enquadramento do corpo aquático (classe 2) e os valores máximos das variáveis estudadas devem alcançar os padrões estabelecido pela legislação vigente (Resolução CONAMA N° 357/05).

## CONCLUSÕES

Os valores de IET calculados no Açude Acarape do Meio, caracteriza o seu elevado estado de eutrofização e ocorrendo em virtude da grande contribuição de macronutrientes carregados através dos tributários principais. Considerando o enquadramento deste corpo aquático com classe 2 e os usos atribuídos a ele são o consumo humano, natação, esportes aquáticos e abastecimento industrial, a perda da biodiversidade, altas concentrações de  $\text{DBO}_5$ , de fósforo total, de clorofila “a” e de outras variáveis de qualidade, explicam as florações frequentes de algas e cianobactérias, impondo restrições a estas atividades. Os órgãos gestores ambientais e o comitê de bacia devem definir em comum acordo ações que contribuam para o seu efetivo enquadramento e através de um programa de manejo, elaborar um cenário para curto, médio e longo prazo.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA(1989). Standard methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed. Washington D.C. New York.
2. APHA(2005). Standard methods for the Examination of Water and Wastewater, 21th ed. Washington D.C. New York.
3. BOLLMANN, H. A.; CARNEIRO, C.; PEGORINI, E. S. (2005) Qualidade da água e dinâmica de nutrientes. In: ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, C. (Orgs.) Gestão Integrada de Mananciais de Abastecimento Eutrofizados. Curitiba: SANEPAR, FINEP. 500p.
4. CARLSON, R.E. (1974). A trophic state index for lakes. Limnol. Oceanogr., 23: 36 1-369.
5. CONAMA, Resolução numero 357 (2005). *Dispõe sobre a classificação das águas doces, salobras e salgadas do Território Nacional*. Conselho nacional de Meio Ambiente. Diário Oficial da União, Brasília, 18 de março de 2005.
6. PREISENDORFER, R. W. (1986). Secchi disk science: visual optics of natural Waters. Limnol. Oceanograf. 31: 909-926.
7. SETTI, A. A. (1998) Diagnóstico sobre a situação dos mananciais dos 20 municípios selecionados dos Estados do Acre, Pará, Ceará, Pernambuco, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Paraná, Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul e Goiás e Proposta de Estruturação do Programa de Preservação e Conservação de Mananciais. Relatório Técnico;PNMA, Contrato N° 96/9596, 383p.
8. TOLEDO JR., A P.; TALARICO, M.; CHINEZ, S.J.; AGUDO,E.G. (1983). A aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processos de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, 12, (1983). Anais. Camboriú, Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, p.1-34.
9. TUNDISI, J.G.; MATSUMURA TUNDISI, T.; ROCHA, O. (2002) Ecossistemas de águas interiores. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. (Orgs.) Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 2. Ed. rev. e ampl. São Paulo: Escrituras cap. 5, p. 153-194.
10. VOLLENWEIDER, R.A. (1968). Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factor in eutropication. Paris, OECD Report n. DAS/CSI/67.