

Combustíveis mais eco-compatíveis

Joana Fidelis da Paixão
SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem industrial/
UFBA

Iracema Andrade Nascimento
FTC - Faculdade de Ciências e Tecnologia/
UFBA

1 Introdução

A população mundial, hoje em torno de 5 bilhões de habitantes, atingirá cerca de 9 bilhões por volta de 2025. Nessa projeção, 35% deste aumento é previsto para a América Latina, sendo que o Brasil será um dos países mais responsáveis pelo problema demográfico. Uma vez que mais de 70% da população brasileira vive em áreas costeiras ou em suas proximidades. Estas estimativas ilustram a possível escala de impactos ambientais nestas áreas. A ampliação do consumo de combustíveis fósseis, resultante da crescente pressão demográfica, representará um risco de contaminação ainda não devidamente avaliado. A poluição marinha frequentemente ocorre na forma de derramamento de óleo, entretanto, o maior perigo para os habitats costeiros é a toxicidade crônica associada aos produtos petroquímicos, a exemplo das frações solúveis de gasolina (KENNISH, 1992). As gasolinas se constituem em misturas complexas de compostos orgânicos representados principalmente, por hidrocarbonetos. Os seus níveis tóxicos estão relacionados ao baixo peso molecular de aromáticos, como benzeno, xileno e tolueno (DURAKO et al., 1993). A absorção da FSA das gasolinas por organismos aquáticos seguida pela incorporação de quantidades subletais de hidrocarbonetos, causa efeitos tóxicos primários ao fitoplâncton e à maioria dos embriões de invertebrados (WELLS, 1999).

No passado recente, a gestão ambiental da indústria brasileira abordava os impactos com base no tratamento de efluentes, antes de sua liberação no meio ambiente. As indústrias petroquímicas, tradicionalmente geradoras de produtos e efluentes tóxicos, vêm substituindo este tipo de abordagem de controle "fim-de-tubo", por um novo paradigma, a fim de alcançar ganhos de ecoeficiência, quer pela retenção da contaminação na sua fonte de produção, quer pela redução da geração de resíduos, através da reciclagem (KIPERSTOK, 2004). Os produtos reciclados devem ser menos nocivos aos ecossistemas que os resíduos originais. Então, como avaliar apropriadamente a toxicidade dos produtos?

Até a década de 90, a maioria dos programas de gestão e manejo de áreas costeiras se baseava em resultados de técnicas analíticas, que indicam as concentrações de substâncias, mas não a sua toxicidade potencial ou biodisponibilidade.

Essas características, imprescindíveis à avaliação de riscos e tomada de decisões preventivas, são determinadas apenas por técnicas biológicas, que tomam por base as respostas integrativas de organismos expostos. O módulo *Health of the Oceans* do *Global Oceans Observing System* (UNEP), identificou como prioridade para as nações em desenvolvimento, o uso de técnicas biológicas rápidas e de baixo custo, para a avaliação da poluição em áreas de risco, que uma vez identificadas, exigiriam o emprego de técnicas mais elaboradas para identificação e contenção dos estressores. Entre estas técnicas, os testes ecotoxicológicos são indicados como possíveis mecanismos de avaliação, diagnóstico, controle e prevenção.

O Conselho Nacional de Meio Ambiente, órgão do Sistema Nacional de Meio Ambiente, através da Resolução nº 357/05, definiu o uso de respostas biológicas como indicadores da qualidade de corpos aquáticos, e determinou que as possíveis interações de substâncias químicas sejam avaliadas por seus efeitos em organismos, através de testes ecotoxicológicos. Entretanto, a escassez de testes padronizados com espécies brasileiras é um impasse substancial à aplicação da Resolução CONAMA nº 357. A inovação dessa pesquisa é a utilização de espécies representativas de ambientes costeiros do Brasil, para desenvolver e aplicar técnicas ecotoxicológicas, com o objetivo de selecionar, em uma série de combustíveis produzidos pela indústria petroquímica, aqueles mais eco-compatíveis. Esses combustíveis, por sua vez, foram gasolinas produzidas através da reciclagem de resíduos petroquímicos e resultam portanto, da adoção de tecnologias mais limpas no processo produtivo. Para alcançar o propósito de aumentar a proteção desses ambientes suscetíveis à contaminação por derivados de petróleo, foram investigados os efeitos tóxicos de diferentes formulações de gasolina (todas atendendo aos padrões da Agência Nacional de Petróleo, mas apresentando diferentes propriedades tóxicas) para *Tetraselmis chuii* (microalga) (FIG. 1) e embriões de *Crassostrea rhizophorae* (ostra) (FIG. 2).

2 Material e Métodos

A microalga *T. chuii* foi obtida do banco de algas do Instituto de Biologia da UFBA, onde as culturas são mantidas sob condições controladas e apropriadas (LEITE, 1986), em meio de cultura Conway (GRIFFITH et al., 1973). Uma cultura de

T chuü em fase exponencial de crescimento foi quantificada e os cálculos foram feitos a fim de que se obter uma inoculação de 1.000 células por ml em cada recipiente-teste. Para o teste, as células foram cultivadas sob condições constantes de iluminação (4000-4800 lux) em meio de cultura (água do mar filtrada, autoclavada, com salinidade de 28, coletada em uma área isenta de poluição e enriquecida com o meio Conway).

Ostras adultas de *C. rhizophorae* coletadas em áreas isentas de contaminação foram limpas e mantidas por 24 horas em aquário contendo água do mar filtrada, coletada na mesma área. Imediatamente antes de cada ensaio, os gametas foram coletados de ostras maduras e então, foi conduzida a fertilização dos gametas *in vitro* de acordo com SANTOS e NASCIMENTO (1985) e NASCIMENTO (2002). Uma hora após a fecundação, quando as primeiras divisões embrionárias começaram a ocorrer, os embriões foram contados a fim de que se obtivesse uma densidade inicial de 1000 embriões viáveis por 100ml nos recipientes-teste.

As amostras de quatorze novas formulações de gasolina foram tratadas de acordo com os padrões da U.S.EPA (1985) para a obtenção das frações solúveis em água (FSA), que tiveram sua toxicidade determinada pelas respostas da exposição de culturas de microalgas e embriões de ostra. Análises químicas da FSA das formulações foram realizadas em triplicata por Cromatografia Líquida de Alta Performance. A FSA obtida de cada formulação foi dosada obedecendo a uma série logarítmica de seis concentrações (0, 4,6, 10, 22, 46 e 100%), em triplicata.

Nos testes com microalgas, os recipientes foram incubados por 96 horas a uma temperatura de $24 \pm 2^\circ\text{C}$ em agitador magnético, sob condições de iluminação. Cada ensaio foi repetido três vezes. A disposição dos recipientes-teste foi aleatória, assim como a ordem da contagem de células. Os efeitos foram calculados com base na curva de dose-resposta traçada de dados obtidos por contagem eletrônica (Coulter Counter, modelo Z1 99130044-B) das amostras coletadas dos recipientes-teste. Os resultados

permitiram estimar os valores de CI_{50} (concentração que causa 50% de inibição do crescimento das culturas).

Os testes de desenvolvimento embrionário de ostras foram realizados de acordo com o protocolo desenvolvido para *C. rhizophorae* (NASCIMENTO, 2002) de acordo com o método padronizado pela ASTM (1989), recomendado para *C. virginica*. Os testes tiveram duração de 24 horas, quando amostras foram retiradas, conservadas e examinadas no microscópio. As respostas para os diferentes tratamentos foram registradas como a percentagem de embriões que falharam em se desenvolver ou se desenvolveram de maneira anormal. Embriões,

Trocadores de Calor

Projetos especiais conforme normas ASME / TEMA, etc

Rua Tiradentes, 2.356 - São Bernardo do Campo - SP
CEP 09781-220 - Tel./Fax: (11) 4128 2577

apema
A marca do trocador de calor

vendas@apema.com.br
www.apema.com.br

larvas sem concha, larvas desenvolvidas parcialmente ou larvas com conchas malformadas foram consideradas anormais. Larvas com concha em forma de "D" perfeito foram consideradas normais (NASCIMENTO et al., 1989). Oxigênio dissolvido, salinidade, temperatura, e pH foram mantidos a 4,0ppm, 28ppt, 27+2°C e 7,0 a 8,5, respectivamente, de acordo com a metodologia desenvolvida por NASCIMENTO et al., (1989) e revisada por NASCIMENTO (2002).

As respostas das microalgas e dos embriões de ostra aos compostos tóxicos foram expressas como um percentual de risco líquido (*net risk*) da anormalidade, calculado com a fórmula de Abbott (FINNEY, 1971) e analisado pelo método estatístico computadorizado Trimmed Spearman Karber (HAMILTON et al., 1977). Essa análise foi realizada para fornecer os valores de CI_{50} e CE_{50} , (respectivamente, concentração das formulações que causa 50% de inibição do crescimento das culturas de microalgas e 50% anormalidades em embriões de ostra). As médias dos resultados de CI_{50} e CE_{50} , os desvios-padrão e os coeficientes de variação foram calculados pelo programa GRAPHPAD INSTAT, versão 3.0. Os valores de EC_{50} foram estimados com base nos registros obtidos do contador de Coulter. O coeficiente de variação ($CV=s/X.100$) foi calculado para determinar a precisão e repetibilidade dos testes. A determinação de possíveis diferenças significativas de toxicidade entre várias formulações de gasolina foi feita por Análise de Variância - ANOVA entre os resultados de CI_{50} (e de CE_{50}), seguida pelo Teste de Tukey (teste paramétrico de comparação múltipla), depois de submetidos ao teste de normalidade (SHAPIRO WILKS e X^2) e homogeneidade (HARTLEY e BARTLETT).

3 Resultados e Discussão

Os hidrocarbonetos aromáticos das gasolinas estudadas apresentam volatilidade variável e parte destes se incorporam FSA. Existem poucos registros disponíveis acerca dos efeitos crônicos da FSA de gasolinas (PAIXÃO et al., 2005; RAMOS et al., 2005), mas existem muitas evidências dos efeitos nocivos de hidrocarbonetos poliaromáticos (HPAs) em organismos costeiros, sujeitos à exposição aguda e crônica por produtos oriundos de atividades petroquímicas (NASCIMENTO et al., 2000; CRAPEZ, 2001; HOLDWAY, 2002; GEFFARD et al., 2003; CRESPO e YUSTY, 2004). Os efeitos biológicos primários desses químicos resultam da absorção da FSA, seguida pela incorporação de quantidades subletais de hidrocarbonetos, que reduzem a tolerância dos organismos a outros fatores de estresse (RALPH e BURCHETT, 1998).

Em TAB. 1 são mostrados os resultados das análises químicas de HPLC, realizadas na concentração de 100% da FSA das formulações de gasolina. As respostas das culturas de *T. chuii* expostas a diferentes formulações de gasolina (GAS 1 a 14) estão exibidos na FIG. 3. O grupo menos tóxico de gasolinas foi composto pelas formulações 1, 2, 4, 6, 7 e 8

(CI_{50-96h} variando de 84,99 a 96,52%). O grupo intermediário foi formado pelas formulações 3, 5, 6 e 9 (CI_{50-96h} variando de 84,99 a 66,86%), enquanto o grupo mais tóxico incluiu as formulações 10 a 14 (valores de CI_{50-96h} iguais a 28,59, 27,84 e 19,92%, respectivamente). Na FIG. 4 estão exibidos os resultados dos testes de desenvolvimento embrionário de *C. rhizophorae*, expressos em valores de CE_{50} . As menos tóxicas entre as 14 formulações testadas foram GAS 1 a 3 (valores de CE_{50} de 26,08, 32,26 e 41,37%, respectivamente) e as mais tóxicas foram GAS 12 a 14 (CE_{50} de 15,91, 10,85 e 8,25%, respectivamente). Valores intermediários de CI_{50} e CE_{50} foram encontrados para as outras formulações de gasolina. Os coeficientes de variação (CV) entre os testes ($n=3$), calculados para cada gasolina, foram aceitáveis (variando de 0,89%, para GAS 6 a 29,62% para GAS 3). Valores de CV foram altos somente para GAS 1 e 2 (52,42 e 61,27%, respectivamente). A ANOVA e comparação múltipla das médias (Tukey-Kramer) baseadas nos valores de CE_{50} , mostraram diferenças entre os pares de tratamentos (FIG. 3 e 4).

4 Conclusões

A prevenção de riscos é um dos objetivos da indústria do petróleo. Entretanto, para alcançar excelência no desempenho ambiental, é necessário o desenvolvimento e emprego de técnicas que possam permitir decisões preventivas em prol da sustentabilidade. Desta maneira, os ensaios com microalgas indicaram que as formulações de gasolina GAS 1 a 4 foram menos tóxicas, possivelmente devido ao fato destas gasolinas terem apresentado os mais altos teores de monoaromáticos, enquanto GAS 10 a 14 apresentaram maior potencial para causar impacto ambiental, provavelmente devido aos elevados níveis de aromáticos de alto peso molecular (c'aromáticos). Similarmente, nos testes com embriões de ostra, os valores de CE_{50} apontaram as gasolinas GAS 1 a 3 como as menos tóxicas, sendo que GAS 4 também se apresentou entre as mais eco-compatíveis. Em contrapartida, as formulações GAS 12 a 14 foram as mais tóxicas, assim como nos testes com microalgas. Nesta pesquisa, as respostas dos ensaios ecotoxicológicos com produtores e consumidores primários das cadeias tróficas oceânicas indicaram as formulações GAS 1 a 4 como as menos tóxicas, e que por isso devem ser preferivelmente produzidas e comercializadas, em detrimento das demais.

O estudo ora empreendido é inovador, não apenas pela metodologia utilizada, que contribuiu para o desenvolvimento de tecnologia de análise de risco ambiental por petroquímicos, mas pela escassez de dados relativos aos efeitos de derivados do petróleo, especialmente à toxicidade da fração solúvel de gasolinas. As técnicas utilizadas comprovaram ser apropriadas para selecionar produtos ambientalmente responsáveis, de modo que poderão ser doravante empregadas para subsidiar a geração combustíveis mais eco-compatíveis. Este estudo, finalizado no ano da publicação da Resolução

CONAMA nº 357, comprova as vantagens para indústria, dos investimentos em pesquisa que antecipem o atendimento de novos regulamentos sobre suas atividades, através da garantia de uma melhor posição para a redução de custos com a conformidade legal. A pesquisa permitiu inferir sobre os prováveis impactos da contaminação do ambiente marinho, receptor final de grande quantidade e variedade de poluentes, pelas formulações de gasolina, subsidiando ações para redução e/ou prevenção de impacto. Desta maneira, a avaliação dos impactos "potenciais" de gasolinas, realizada neste estudo, está perfeitamente consoante com o atual paradigma de Produção mais Limpa, que representa um processo de melhoria contínua, visando tornar a atividade produtiva menos danosa ao meio ambiente (COELHO, 2002).

Referências Bibliográficas

- COELHO, A. 2002. Metodologias de Gestão Ambiental com Enfoque em Prevenção da Poluição e Minimização de Resíduos. In: KIPERSTOK, A. et al., 2002. Prevenção da Poluição. Brasília. SENAI/DN. 2002. 290p. CRAPEZ, M.A.C. 2001. Efeitos dos hidrocarbonetos de petróleo na biota marinha. In: Efeitos de poluentes em organismos marinhos. R. MORAES et al. São Paulo: Arte & Ciência Villipress. 2001. 288 p.: il. CRESPO, M. O. ; YUSTY, M. A. 2004. Determination of aliphatic hydrocarbons in the alga *Himantalia elongata*. Ecotoxicology and Environmental Safety. vol. 57. p. 226-230.
- DURAKO, M.J.; VENWOSTHU, W.J.; FATEMY, S.M.R.; VALAVI, H.; THAYER, G.W. 1993. Assessment of the toxicity of Kuwait crude oil on the photosynthesis and respiration of seagrasses of the northern gulf. Mar. Pollut. Bull. 27:123-227 FINNEY, D. J. 1971. Probit Analysis, 3rd ed. University of Cambridge. Cambridge, England. 328p. GEFFARD, O. ; GEFFARD, A. ; HIS, E. ; BUDZINSKI, H. 2003. Assessment of the bioavailability and toxicity of sediment-associated polycyclic aromatic hydrocarbons and heavy metals applied to *Crassostrea gigas* embryos and larvae. Marine Pollution Bulletin, vol. 46, nº4: p. 481-490.
- GRIFFITH, G.W.; KENSLOW, M.A.M.; ROSS, L.A. 1973. A mass culture method for *Tetraselmis* sp. A promising food for larval crustaceans. Nat. Mar. Fish. Service. Gulf Coastal Fisheries Center. Contribution. 354. HAMILTON, M.A.; RUSO, R.C.; THURSTON, R.V. 1977. Trimmed Spearman-Kärber Method for Estimating Median Lethal Concentrations in Toxicity Bioassays. Environmental Science & Technology, v.11, n.7: p. 714-719. HOLDWAY, D.A. 2002. The acute and chronic effects of wastes associated with offshore oil and gas production on temperate and tropical marine ecological processes. Mar. Pollut. Bull. 44:185-203. KENNISH, M. J. 1992. Ecology and Estuaries. CRC Press, Florida.
- KIPERSTOK, A. 2004. Produção limpa no setor produtivo: Contribuição da Rede TECLIM. Anais do III Congresso Nacional de Meio Ambiente. Produção Limpa: Uma questão de ética. Volume II. Salvador. 2004.
- LEITE, M. B. N. L. 1986. Isolamento, seleção e levantamento das exigências ambientais para o cultivo em massa de clorofíceas. Salvador: 1986. XX, 79 f.il. mimeogr. Tese (Mestrado em Botânica). Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia.
- NASCIMENTO, I. A.; PEREIRA, S. A.; LEITE, M. B. N. L. 1989. Standardization, application and validation of bioassay method with embryos of *Crassostrea rhizophorae*, the mangrove oyster, for evaluation of tropical estuarine and marine waters. Proceedings of the Workshop on Biomonitoring MARC/UFBA, Salvador/Brasil, 15p, NASCIMENTO, L.A.; SMITH, D. H.. GOMES, M. G. S. et al 2000. Ecotoxicological diagnosis of Aratu Bay, Bahia, Brazil: a new approach to validate a reactive short-term toxicity end-point by comparison with intertidal benthic activity. J. Aquat Ecosyst. Hlth. Mgmt. Spec, v.3 (4): p. 449-458.
- NASCIMENTO, f. A. 2002. Técnicas de coleta, preservação e preparo de amostras líquidas e de sedimento para testes de toxicidade. In: NASCIMENTO, Í. A.; SOUSA, E. C. P. M.; NIPPER, M. 2002. Métodos em Ecotoxicologia Marinha: Aplicações no Brasil. São Paulo: Editora Artes Gráficas e Indústria Ltda. 262p.
- PAIXAO, J. F.; NASCIMENTO, I. A.; PEREIRA, S. A. Implicações ambientais de diferentes formulações de gasolina no desenvolvimento embrionário da ostra *Crassostrea rhizophorae*. In: V Congresso Brasileiro de Pesquisas Ambientais e Saúde 2005, São Paulo. V Congresso Brasileiro de Pesquisas Ambientais e Saúde., 379-384. RALPH, P.J.; BURCHETT, M.D. 1998. Impact of Petrochemicals on the photosynthesis of *Halophila ovalis* using chlorophyll fluorescence. Mar. Pollut. Bull. 36 (6): 429-436.
- RAMOS, M. L. N.; RODRIGUES, L. E. A.; NASCIMENTO, I. A. 2005. Uso da Fosfatase ácida como biomarcador da degradação ambiental.. Anais do V Congresso Brasileiro de Pesquisas Ambientais e Saúde Santos, p. 353-356. SANTOS, A. E. ; NASCIMENTO, I. A. 1985. Influence of gamete density, salinity and temperature on the normal embryonic development of the mangrove oyster *Crassostrea rhizophorae* Guilding, 1828. Aquaculture, vol. 47: p. 335-352.
- WELLS, P.G. 1999. Biomonitoring the health of Coastal Marine Ecosystems. The roles and challenges of microscale toxicity tests. Mar. Pollut. Bull. 39 (1-12):39-47.

Hidrocarbonetos (ppm)	GAS 1	GAS 2	GAS 3	GAS 4	GAS 5	GAS 6	GAS 7	GAS 8	GAS 9	GAS 10	GAS 11	GAS 12	GAS 13	GAS 14
Benzeno	13,15 +2,3	31,31 +2,1	25,27 ± 0,7	14,65 ±0,5	7,40 ± 0,9	5,01 ± 0,5	2,86 ± 0,4	3,90 ± 0,2	20,85 ± 1,2	15,86 ± 1,6	16,03 ± 0,6	15,00 ± 0,8	10,09 ± 4,8	3,57 ± 0,5
Tolueno	30,80 ±7,2	74,49 +5,3	100,47 +9,6	58,18 +4,1	33,59 +6,9	24,96 +2,7	24,21 +3,3	1959 +0,8	10,76 ± 1,2	15,02 ± 1,6	23,44 ± 1,0	35,17 ± 1,2	32,04 ± 15,5	17,20 ± 2,4
Etil-benzeno	5,20 ± 1,1	25,80 +2,3	8,19 ± 0,9	5,35 ± 0,7	5,73 ± 0,9	6,49 +0,5	1,90 ± 0,2	0,58	2,89 ± 0,3	4,04 ± 0,5	7,19 ± 0,5	11,30 ± 2,1	10,21 ± 5,2	4,71 ± 0,7
p+m xileno	5,69 ± 1,2	23,68 +2,3	9,87 ± 1,5	5,52 ± 0,7	8,02 ± 0,9	7,53 +2,4	1,99 ± 0,2	0,50 ± 0,1	5,59 ± 3,0	4,82 ± 0,6	8,00 ± 0,6	12,76 ± 1,5	10,00 ± 5,1	4,73 ± 0,7
o'xileno	5,03 ± 1,3	12,40 ±1,2	5,11 ± 0,8	2,70 ± 0,5	3,23 ± 1,1	3,99 +0,2	1,33 ± 0,1	0,38	4,02 ± 0,2	2,63 ± 0,3	4,36 ± 0,2	6,74 ± 0,5	4,96 ± 2,5	2,88 ± 0,4
c' aromáticos	10,22 +3,4	24,47 +3,3	8,38 ± 2,9	7,71 ± 2,6	10,22 +3,5	8,63 +1,5	1,86 ± 0,9	0,31	35,99 ± 11,2	10,92 ± 1,1	15,43 ± 2,1	17,67 ± 0,9	16,91 ± 8,4	7,87 ± 1,1
Naftaleno	0,43	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,07	<0,03	<0,03	<0,03	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Antraceno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,06	<0,03	<0,03	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Fenantreno	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,19	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

TAB. 1 - Valores médios e desvios-padrão de hidrocarbonetos aromáticos na concentração de 100% da FSA das formulações de Gasolina

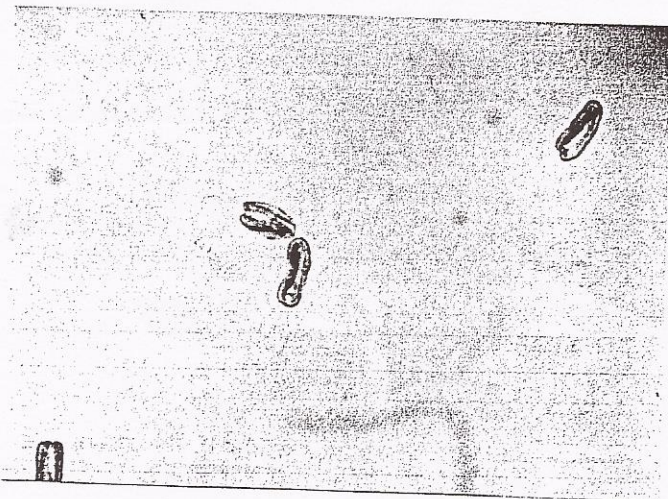


Fig. 1 - *Tertaselmis chuii*

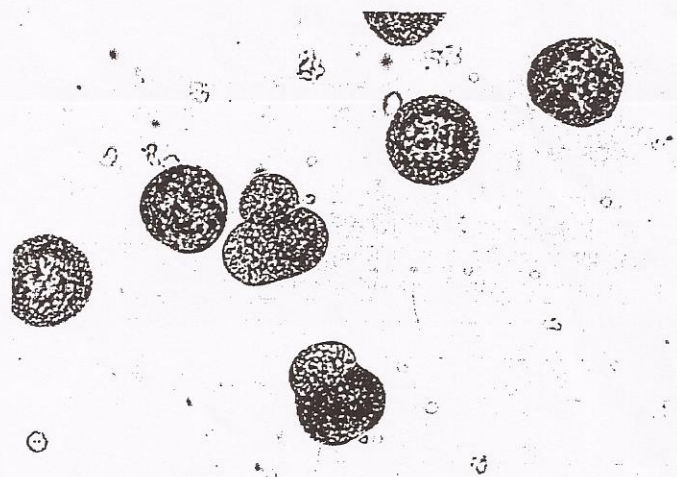
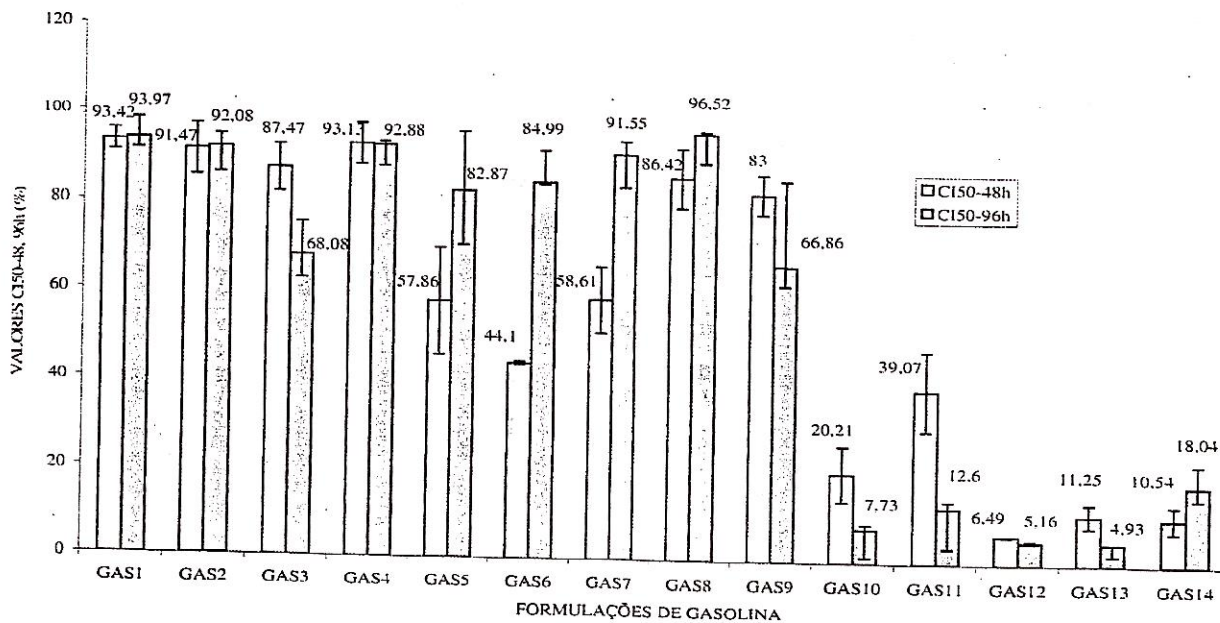


Fig. 2 - Embriões de *Crassostrea rhizophorae*

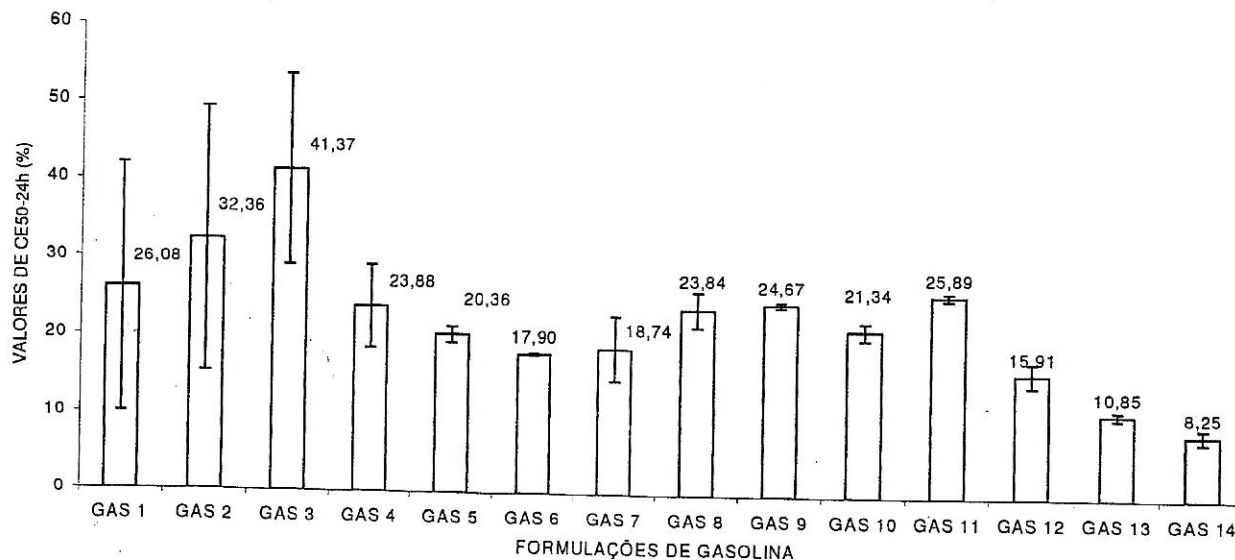


COMPARAÇÕES DE MÉDIAS MÚLTIPAS: Valores unidos pela mesma linha não diferem significativamente ($p > 0,05$)

48 HORAS
 FORMULAÇÕES: GAS1 GAS4 GAS2 GAS3 GAS8 GAS9 GAS7 GAS5 GAS6 GAS11 GAS10 GAS13 GAS14 GAS12
 CI_{50-48h} médio: 93,42 93,13 91,47 87,47 86,42 83,00 58,61 57,86 44,10 39,07 20,21 11,25 10,54 6,49

96 HORAS
 FORMULAÇÕES: GAS8 GAS1 GAS4 GAS2 GAS7 GAS6 GAS5 GAS3 GAS9 GAS14 GAS11 GAS10 GAS12 GAS13
 CI_{50-96h} médio: 6,52 93,97 92,88 92,08 91,55 84,99 82,87 68,08 66,86 18,04 12,60 7,73 5,16 4,93

FIG. 3 - Valores médios de CI_{50-48h} e respectivos desvios-padrão resultantes da ação de diferentes formulações de gasolina sobre o crescimento da microalga *Tetraselmis chuii*



COMPARAÇÕES DE MÉDIAS MÚLTIPAS: Valores unidos pela mesma linha não diferem significativamente ($p > 0,05$)

FORMULAÇÕES: GAS3 GAS2 GAS1 GAS11 GAS9 GAS4 GAS8 GAS10 GAS5 GAS7 GAS6 GAS12 GAS13 GAS14
 CE_{50-24h} médio: 41,37 32,36 6,08 25,89 24,67 23,88 23,84 21,34 20,36 18,74 17,90 15,91 10,85 8,25

FIG. 4 - Valores médios de CE_{50-24h} e respectivos desvios-padrão resultantes da exposição de embriões da ostra *Crassostrea rhizophorae* às formulações de gasolina