



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CENTRO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA

**MAPEAMENTO DO HALO DE DISPERSÃO FORMADO POR
EFLUENTES INDUSTRIAIS LANÇADOS NA BAÍA DO
GUAJARÁ NO TRECHO COMPREENDIDO ENTRE O
BAIRRO DE VAL-DE-CÃES E O DISTRITO DE ICOARACI**

AUTORA: Elyana Melo Moura

ORIENTADOR : Prof. Dr. José Francisco da Fonseca Ramos

Belém – Pará
Janeiro - 2007

A meus pais Ely de Sena Moura e Ana Melo Moura,
pelo ensino dos verdadeiros valores e extrema dedicação.

AGRADECIMENTOS

A Deus, causa primaria de todas as coisas.

A meu pai Ely de Sena Moura, por ter me entregue a sua vida, e a minha mãe Ana Melo Moura, por iluminar meus dias.

A Jose de Sena Moura pelo incentivo, ajuda e orientação.

Aos meus irmão Elyston Carlos Melo Moura por me fazer exercitar a paciência todos os dias da minha vida e Agenir de Sena Moura.

Ao suporte financeiro da CAPES, através do Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, pela concessão de bolsa de estudos.

Aos professores Dr. José Francisco da Fonseca Ramos e Dr. Waterloo Napoleão de Lima pela orientação.

A minha irmã Claudia Simone da Luz Alves pelas orientações, amizade e cuidados a mim dedicados.

A Pedro Henrique Simão de Moura por todo apoio, cuidado e dedicação, além da ajuda essencial para que os trabalhos de campo se concretizassem.

Ao motorista do centro de geociências Carlos Alberto pela sua mão amiga e disposição em ajudar.

Aos amigos Suely Romeiro, Lana Patrícia, Pablo Monteiro, Luciano Frank e Aldenize Ruela pelos momentos de diversão que passamos juntos.

A química Ana Melo Moura por toda ajuda nos trabalhos de laboratório, e aos técnicos do laboratório de hidroquímica da UFPa.

O mundo e cheio de sofrimentos,
mas também de superações.
Helen Keller

DEDICATÓRIA	i
AGRADECIMENTOS	ii
EPIÍGRAFE	iii
1. INTRODUÇÃO	5
2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	7
2.1. LOCALIZAÇÃO	7
2.2. VEGETAÇÃO.....	7
2.3. CLIMA.....	7
2.4. HIDROGRAFIA	9
2.5. HIDRODINÂMICA E SEDIMENTOLOGIA.....	10
3. ESTUÁRIOS	12
4. POLUIÇÃO INDUSTRIAL EM ÁGUAS	13
5. CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA ORLA DE BELÉM	14
6. ATIVIDADES E MÉTODOS	17
6.1. ETAPA DE CAMPO.....	17
6.2. ETAPA DE LABORATÓRIO.....	17
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
7.1. PH.....	22
7.2. CONDUTIVIDADE ELÉTRICA	23
7.3. MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO.....	24
7.4. TURBIDEZ.....	32
7.5. COR.....	32
7.6. OXIGÊNIO DISSOLVIDO E OXIGÊNIO CONSUMIDO.....	33
7.7. CO ₂ LIVRE.....	42
7.8. NITRATO.....	42
7.9. FÓSFORO TOTAL.....	43
7.10. SULFATO.....	44
7.11. ALCALINIDADE.....	53
7.12. CÁTIOS PRINCIPAIS.....	53
8. CONCLUSÃO	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
ANEXOS	61
Tabela com Parâmetros químicos e físico-químicos.....	62
Tabela com concentração de gases dissolvidos.....	65

Tabela com concentração de nutrientes.....	68
Tabela com concentração de metais.....	71

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01-	Mapa de localização da área	08
Figura 02-	Gráfico de precipitação pluviométrica em 2005	10
Figura 03-	Mapa de amostragem (campanha de maio de 2005)	18
Figura 04-	Mapa de amostragem (campanha de novembro de 2005)	19
Figura 05-	Mapa de amostragem (campanha de dezembro de 2005)	20
Figura 6.0-	Gráficos com os valores de pH em maio de 2005	26
Figura 6.1-	Gráficos com os valores de pH em novembro de 2005	27
Figura 6.2-	Gráficos com os valores de pH em dezembro de 2005	28
Figura 7.0-	Gráficos com os valores de condutividade elétrica em maio de 2005	29
Figura 7.1-	Gráficos com os valores de condutividade elétrica em novembro de 2005	30
Figura 7.2-	Gráficos com os valores de condutividade elétrica em dezembro de 2005	31
Figura 8.0-	Gráficos com os valores de OD em maio de 2005	35
Figura 8.1-	Gráficos com os valores de OD em novembro de 2005	36
Figura 8.2-	Gráficos com os valores de OD em dezembro de 2005	37
Figura 9.0-	Gráficos com os valores de OC em maio de 2005	38
Figura 9.1-	Gráficos com os valores de OC em novembro de 2005.	39
Figura 9.2-	Gráficos com os valores de OC em dezembro de 2005.	40
Figura 10-	Distribuição da concentração de OD nas águas superficiais da baía do Guajara em novembro de 2005	41
Figura 11.0-	Gráficos com os valores de nitrato em maio de 2005	45
Figura 11.1-	Gráficos com os valores de nitrato em novembro de 2005	46
Figura 11.2-	Gráficos com os valores de nitrato em dezembro de 2005	47
Figura 12.0-	Gráficos com os valores de fósforo total em maio de 2005	48
Figura 12.1-	Gráficos com os valores de fósforo total em novembro de 2005	49
Figura 12.2-	Gráficos com os valores de fósforo total em dezembro de 2005	50
Figura 13.0-	Gráficos com os valores de sulfato em novembro de 2005	51
Figura 13.1-	Gráficos com os valores de sulfato em dezembro de 2005	52

RESUMO

A região metropolitana de Belém concentra um grande número de indústrias no seguimento entre o bairro de Val-de-Cães e o distrito de Icoaraci. Essas indústrias, dentre as quais, do pescado, cervejaria e outras, liberam efluentes para a baía do Guajará muitas vezes sem nenhum tratamento.

O estuário tem uma intensa hidrodinâmica e conseqüentemente uma grande capacidade de diluição dos poluentes lançados pelas indústrias instaladas às suas margens. Porém, se a concentração dessas substâncias contaminadoras superar certos limites, as águas do estuário podem perder a capacidade de diluição de efluentes.

A fim de se determinar a capacidade da baía do Guajará em dispersar os contaminantes, lançados pelas indústrias instaladas às suas margens, foram realizadas três campanhas para coleta de amostras de água superficial em um trecho compreendido entre os bairros de Val-de-Cães e o distrito de Icoaraci. A primeira campanha foi realizada no mês de maio, correspondente ao período chuvoso, e as outras duas nos meses de agosto, período de estiagem e novembro, início do período chuvoso, todas em 2005. As amostras foram coletadas a 0, 50, 100, 200 e 400 metros da margem do estuário, em frente à empresa de pescado, cervejaria e matadouro, onde foram analisados os parâmetros pH, condutividade elétrica, cor, turbidez, material particulado em suspensão, oxigênio dissolvido, oxigênio consumido, CO₂ livre, nitrato, fósforo total, sulfato, alcalinidade total e os cátions Na, K, Ca e Mg.

Os valores de oxigênio dissolvidos no trecho estudado são considerados baixos para a região, com valores aumentando em direção ao interior da baía, sendo que as maiores concentrações foram obtidas no período chuvoso. O oxigênio consumido, por sua vez, tem comportamento inverso, com os maiores valores obtidos próximos à margem da baía, onde a influencia dos esgotos e, conseqüentemente, o teor de matéria orgânica é maior.

O nitrato não obedece a nenhum padrão de distribuição espacial, porém, em relação à sazonalidade, apresenta maiores valores no mês de dezembro.

O fósforo total apresenta nítida diferença de quantidades entre os períodos seco e chuvoso. Sendo os maiores valores registrados no período chuvoso. Especialmente, a distribuição desse nutriente aumenta na cota 100m, devido à presença da tubulação de esgotos industriais que lançam efluentes a 100m da margem.

O sulfato atinge maiores concentrações no mês de novembro, não tendo sido observados padrões longitudinais e transversais em sua distribuição, o que sugere que este nutriente não tem relação com o lançamento de esgotos nas águas da baía.

Os cátions apresentam suas maiores concentrações no período de estiagem, o que sugere menor diluição pelas águas. Especialmente, a distribuição de cátions aumenta no sentido Val-de-Cães-Icoaraci devido à maior influência das águas oceânicas.

De modo geral, alguns parâmetros como pH, condutividade, cor, material particulado em suspensão, turbidez, CO₂ livre e alcalinidade não sofrem mudanças significativa nos valores em relação à sua distribuição espacial, já outros parâmetros como o oxigênio dissolvido e os nutrientes apresentam mudanças ao longo dos 400 metros da margem do estuário, principalmente devido à influência antropogênica. Porém, todos os parâmetros apresentam modificações em relação à sazonalidade, onde os maiores valores são observados durante o período de estiagem, quando há menor volume de água na baía.

ABSTRACT

The region metropolitan of Belém concentrates a big number of industries in the following between the neighborhood of Val de Cães and the district of Icoaraci. Those industries, among the which, of the catch, brewery and other, liberate efluentes for the bay of the Guajará many times without no handling.

The estuary has an intense hydrodynamics and consequently a big capacity of dilution of the pollutants thrown by the industries installed to its margins. However, if the concentration of those infection substances exceed certain limits, the waters of the estuary can lose the capacity of dilution of exhale.

In order to be decided to capacity of the bay of the Guajará in scatter the contaminante, thrown by the industries installed to his margins, were carried out three campaigns for superficial water samples collection in a stretch understood between the neighborhoods of Val de Cães and the district of Icoaraci. To first campaign was carried out in the month of May, corresponding to the rainy period, and the other two in the months of August, period of dry spell and November, beginning of the rainy period, all in 2005. The samples were collected to 0, 50, 100, 200 and 400 meters of the margin of the estuary, in front of the company of catch, brewery and slaughterhouse, where were analyzed the parameters pH, electric transmit, color, whirlwind, stuff of suspended particles, oxygen dissolved, oxygen consumed, CO₂ free, nitrate, total match, sulphate, alkalined total and the kátions Na, K, Ca and Mg.

The values of oxygen dissolved in the stretch studied short saints considered for the region, with values increasing in direction to the interior of the bay, being that the biggest concentrations were obtained in the rainy period. The oxygen consumed, by his time, has inverse behavior, with the biggest values obtained near alongside the bay, where does it influence of the sewers and, consequently, the content of organic matter is bigger.

The nitrate obeys to no standard of spatial distribution, however, regarding the seasonal variation, presents bigger values in the month of December.

The total match presents sharp difference of quantities between the rainy and dry periods. Being the biggest values recorded in the rainy period. Spatially, the distribution of that increased nutrient in the quota 100m, due to the presence of the tubing of industrial sewers that throw efluentes to 100m of the margin.

The sulphate reaches bigger concentrations in the month of November, not having been observed cross and longitudinal standards in his distribution, what suggests that this nutrient does not have relation with the launching of sewers in the waters of the bay.

The kátions present his bigger concentrations in the period of dry spell, what suggests minor dilution by the waters. Spatially, the distribution of kátions increased in the sense Val de Cães - Icoaraci due to the biggest one influences of the ocean waters.

In general, some parameters as pH,electric transmission, color, stuff of suspended particles, whirlwind, CO2 free and alkalinide do not suffer significant changes in the values regarding his spatial distribution, already others parameters like the oxygen dissolved and the nutrients present changes to the long one of the 400 meters of the margin of the estuary, mainly due to the influence anthropologic. However, all of the parameters present modifications regarding the seasonal variation, where the biggest values are observed during the period of dry spell, when there is water capacity minor in the bay.

1. INTRODUÇÃO

Localizado a noroeste de Belém e prolongando-se até às proximidades da ilha de Mosqueiro, o estuário guajarinense vem sofrendo uma degradação ambiental que tem aumentado gradativamente devido ao acelerado processo de adensamento populacional e industrial do município de Belém (IDESP,1990).

A baía do Guajará concentra um grande número de indústrias, principalmente no seguimento entre o bairro de Val-de-Cães e o distrito de Icoaraci. Essas indústrias, dentre as quais, do pescado, cervejaria e outras, juntamente com abatedouros, liberam efluentes para a baía, com melhor ou pior qualidade, devido a tratamento, mas que juntos podem produzir uma ação poluidora e efeito cumulativo, que deve ser avaliado.

Segundo o IDESP (1990), o acelerado adensamento populacional e industrial na baía do Guajará é um dos responsáveis pelo aumento gradativo das agressões ao meio ambiente, através do lançamento de resíduos líquidos domésticos, industriais, etc., sem um tratamento antipoluidor prévio, provocando danos aos organismos e sedimentos.

As principais fontes ou agentes de contaminação na baía do Guajará são: resíduos de serrarias e estâncias de madeira, varas e resíduos de serragem; despejos de “limpa fossas”; resíduos químicos de laboratórios e fábricas; lixo procedente de residências, clubes, boates e restaurantes localizados na orla; lixo de feiras; esgoto doméstico; lavagem de porões de embarcações que transportam óleo para Belém; despejo de óleo queimado de motores marítimos e oriundos de despejos clandestinos (IDESP, 1991).

Sabe-se que o estuário guajarinense tem uma intensa hidrodinâmica e conseqüentemente uma grande capacidade de diluição dos poluentes lançados pelas indústrias instaladas nas margens da baía do Guajará. Porém, se as concentrações das substâncias contaminadoras superam certos limites, as águas da baía podem perder gradativamente essa capacidade de diluição, sendo necessário o seu tratamento em estações de água. Daí a necessidade de se determinar a capacidade de suporte de poluição industrial pelas águas superficiais da baía, isto é, saber a que distância da margem as águas da baía conseguem diluir os efluentes lançados pelas indústrias.

O uso racional dos recursos hídricos além de trazer grandes benefícios à população, como a melhoria da qualidade de vida, pode gerar novos investimentos em diferentes setores da economia, com conseqüente desenvolvimento urbano e industrial da região Norte. Sendo assim, a expansão do setor industrial paraense precisa ser acompanhada de medidas que garantam a qualidade e a segurança dos cursos d'água da região, a fim de que o impacto

ambiental possa ser minimizado ou até evitado, sendo fundamentais para isto, a redução e o controle do lançamento de efluentes industriais sólidos e líquidos.

O presente estudo se propõe a dimensionar a extensão do halo de dispersão dos efluentes lançados pelas indústrias localizadas às margens da baía do Guajará, no seguimento compreendido entre o bairro de Val-de-Cães e Distrito de Icoaraci, através da análise de parâmetros físicos, físico-químicos, gases dissolvidos e nutrientes, a fim de avaliar a capacidade de suporte de poluição industrial pelas águas da baía nesse trecho, colaborando para a compreensão hidroquímica das águas da baía.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

2.1. LOCALIZAÇÃO

A cidade de Belém, pertencente ao estado do Pará, está localizada na confluência do rio Guamá com a baía do Guajará. Possui uma área superficial de aproximadamente 720 km² e é recortada por cerca de 30 km de drenagens naturais, canalizadas ou não, que deságuam no rio Guamá e baía do Guajará (DNPM, 1982). A região metropolitana localiza-se no quadrante entre os paralelos 1^o 10' S e 1^o 30' S e os meridianos 48^o 25' W e 48^o 35' W, fazendo limite ao sul com o rio Guamá, ao norte com a baía do Marajó até o extremo oriental da ilha do Mosqueiro e a oeste com as baías do Marajó, Guajará e Santo Antônio (CODEM, 1975).

A baía do Guajará conta com aproximadamente 4 km de largura e a área de interesse ao estudo é de aproximadamente 6 km de extensão na faixa compreendida entre o bairro de Val-de-Cães e o distrito de Icoaraci (Figura 01).

2.2. VEGETAÇÃO

Existem diversos tipos de vegetação estudada, os quais são reflexos da geomorfologia local. Segundo Lima (1956) pode-se distinguir predominantemente três tipos de vegetação: várzea, típica de área inundável, floresta densa, associada aos terrenos mais elevados ditos terra-firme e floresta secundária associada a áreas desmatadas, que ocupa uma apreciável distribuição na região. Atualmente, devido aos intensos processos de desmatamento, não se encontra na área vegetação de floresta densa.

As matas de terra-firme por estarem situadas em terras altas, distantes dos rios, estão sujeitas a alterações. São formadas por árvores alongadas e finas, apresentando espécies como a castanha-do-pará, o cacaueiro e as palmeiras. Possuem grande quantidade de espécies de madeira de alto valor econômico. As matas de várzea, periodicamente inundadas pelas cheias dos rios, apresentam maior variedade de espécies. É o habitat da seringueira e das palmáceas. E as matas de igapós também situadas em áreas baixas, próximas ao leito dos rios, permanecem inundadas durante quase o ano todo. As árvores são altas, com raízes adaptadas às regiões alagadas. A vitória-régia é muito comum nestas matas.

2.3. CLIMA

O clima da região metropolitana de Belém é do tipo equatorial úmido, classificado segundo Koeppen na categoria "A", com características gerais que permitem seu enquadramento nos subtipos "Af", "Aw" e "Am" (COSANPA, 1987). Nessa área o clima se caracteriza por uma isoterma com amplitudes menores que 2^o C, tomando-se como base as

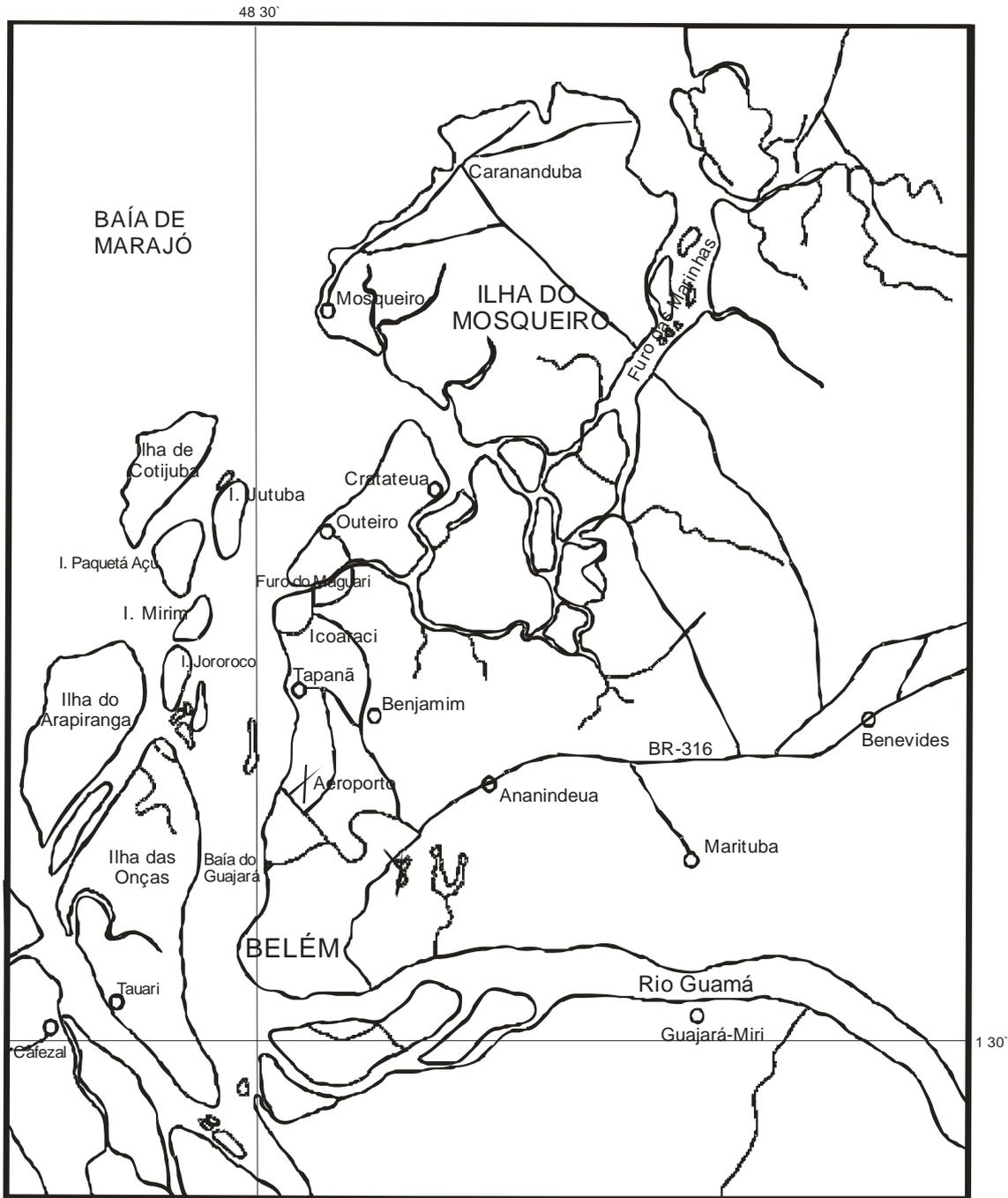


Figura 01- Mapa de localização da área (Cordeiro, 1987).

temperaturas médias dos meses mais quentes e mais frios (Penteado, 1968 *apud* Pinheiro 1987)¹.

O clima da região do estuário é caracterizado por temperatura do ar média anual de 26 °C, e precipitação pluviométrica variando de 2500 a 3000 mm.ano⁻¹, sendo 2765 mm.ano⁻¹ a média em Belém. A estação chuvosa desenvolve-se com maior intensidade de dezembro a junho e a estação de menor índice pluviométrico, que representa o “período seco”, ocorre de julho a novembro. No entanto os meses não se apresentam bem definidos e não existe uma repartição muito uniforme das chuvas durante o ano (SUDAM, 1984).

2.4. HIDROGRAFIA

O estuário do rio Pará compreende em sua maior extensão o rio Pará, que constitui um canal fluvial, separando a borda sul da ilha do Marajó na porção continental nordeste do estado do Pará, representando um antebraço do rio Amazonas ao sul da ilha do Marajó, sendo o segundo rio do sistema amazônico de drenagem. O rio Pará é definido na parte sul da ilha do Marajó. Pela margem esquerda conta como contribuintes o rio Guajará, Mutuca, São Domingos, Canaitcu, Afuá, Marajó-Açu e o rio Ararí a altura da baía do Marajó. À direita seus contribuintes são os rios Parnaíba do Oreiras, Cupijó, o Tocantins como afluente principal que desemboca neste na baía de Marapatá, o Mururú e os rios Mojú, Acará e Guamá, que pela sua confluência formam a baía do Guajará, através da qual o estuário se abre ao município de Belém (Lima, 1956).

A rede hidrográfica do município de Belém é representada pelos rios Guamá ao sul, fazendo limite com Belém; o Maguari-Açu, ao norte e o Benfica a nordeste limitando com Benevides. Para o Guamá vertem o rio Água Preta, limite natural, a oeste, com o município de Belém; o rio Uriboquinha, o qual, em todo o seu curso, serve de limite parcial com Benevides e o igarapé Aurá. O rio Maguari-Açu deságua no furo do Maguari e forma limite natural, a noroeste, com o município de Belém. Ao norte, encontram-se as ilhas João Pilato, Santa Rosa e Sassunema.

¹ PENTEADO, A.R.1968. *Belém do Para, Estudo da Geografia Urbana*. Col. Amazônica, Serie Jose Veríssimo, 1 Vol. São Paulo. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP, 180p. (Tese de Livre Docência)

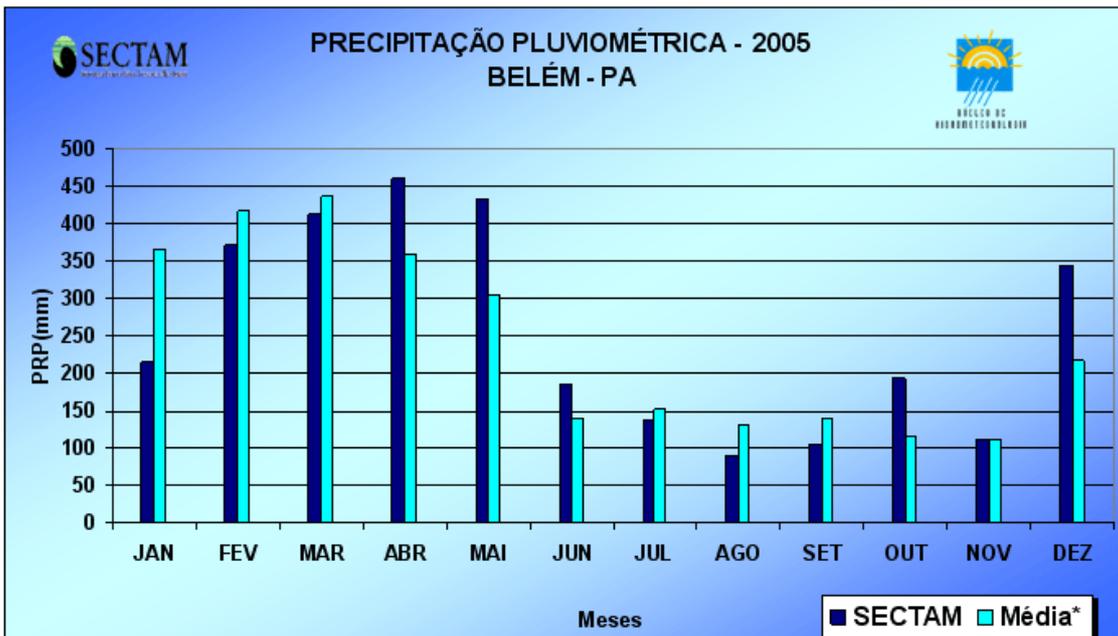


Figura 02: Gráfico de precipitação pluviométrica em 2005 (SECTAM, 2006).

2.5. HIDRODINÂMICA E SEDIMENTOLOGIA

O estuário Guajará representa um ambiente caracterizado por uma alta energia hidráulica, com fortes correntes que interagem com a elevada energia fluvial dos rios Guamá e Acará. Em consequência disso não apenas a fisiografia como ainda o próprio relevo de calha estuarina está sujeito a modificações periódicas relativamente rápidas (Pinheiro, 1987).

As águas do estuário são dirigidas por um regime flúvio-marítimo, com predominância de água fluvial. A sua mistura com água salgada não chega a modificar sensivelmente a coloração amarelada das águas fortemente turvas do rio Guamá.

Durante a maior parte do ano as águas da baía se mantêm doces, uma vez que a penetração da água do mar não consegue superar a grande massa de água fluvial que avança para o mar, mesmo nas vazantes dos rios. Em alguns anos, porém, durante as estiagens mais fortes entre novembro e janeiro, observou-se a presença de água com pequenas concentrações de sais (COSANPA, 1987).

Segundo Pinheiro (1987) os sedimentos da Formação Barreiras, assim como aqueles transportados pelos rios Guamá, Tocantins e Amazonas e Baía do Maranhão contribuem para a composição mineralógica daqueles depositados no estuário Guajará, os quais podem ser agrupados segundo a granulometria em duas fácies texturais:

- fácies lamosa: argila, silte e suas misturas, distribuída nas regiões marginais do estuário e

- fácies arenosa: areias e areias siltsas, que ocorrem nos diversos bancos preenchendo parcialmente os principais canais e todo o eixo central do rio Guamá.

3. ESTUÁRIOS

Por serem uma zona de mistura, os estuários apresentam limites variáveis e consequentemente as propriedades da água tendem para os valores nos seus extremos, marinhos a jusante e do rio a montante. Em zonas sujeitas à maré, a dificuldade de delimitação é ainda maior em virtude do escoamento na fronteira com o mar ser alternado.

Segundo Fairbridge (1980) os estuários podem ser divididos em três partes: estuário inferior ou parte marinha em comunicação com o mar aberto; intermediário, sujeito a forte mistura da água doce com a água salgada; e estuário superior ou fluvial, caracterizado pela água doce, mas sujeito diariamente à ação das marés.

Os estuários apresentam elevada produção primária, que ocorre principalmente pelo enriquecimento de nutrientes devido a lixiviação e ao intemperismo do solo e a ação antropogênica como no caso de esgotos e adubos agrícolas. Esses ambientes constituem “habitat” natural, local de nascimento e produção para diversas espécies da flora e fauna aquáticas. O estuário age como um filtro biogeoquímico reciclando nutrientes e outras substâncias que chegam até ele em concentrações elevadas, antes de transferi-las ou exportá-las para a zona marinha (CHESTER, 1993).

A grande produtividade biológica na coluna de água e nos sedimentos está intimamente ligada aos elevados tempos de residência dos nutrientes recebidos de terra e da sua capacidade para reciclá-los e reutilizá-los. Para proteger os estuários a eutrofização deve ser evitada na coluna de água e nos sedimentos e a concentração de poluentes deve ser mantida dentro dos limites tolerados pelas espécies que usam o estuário durante todo ou parte do seu ciclo de vida.

A área estuarina estudada é caracterizada por períodos sazonais de chuvas freqüentes abundantes e períodos de baixo índice pluviométrico com elevada taxa de evaporação, bem como a influência de marés que chega a inundar periodicamente as terras marginais. Ainda segundo Cordeiro (1987), na estiagem, com a menor vazão das águas fluviais, a água do mar penetra no estuário tornando suas águas salobras até a altura da baía do Guajará.

4. POLUIÇÃO INDUSTRIAL EM ÁGUAS

Algumas empresas como a de papel e celulose, refinarias de petróleo, usinas de açúcar e álcool, siderúrgicas e metalúrgicas, químicas e farmacêuticas, abatedouros e frigoríficos, têxteis, curtume e mineração, geram resíduos líquidos e sólidos através de seus processos industriais. Porém a contaminação das águas por esgotos industriais se dá quando a adição de substâncias ou formas de energia, de alguma maneira, alteram a natureza do corpo d'água prejudicando os usos legítimos que dele são feitos.

Os efluentes industriais diversificam muito em sua constituição e concentrações, e os processos poluidores também variam. Dentre esses processos temos a contaminação pela introdução de substâncias nocivas à saúde e a espécies da vida aquática, a exemplo de substâncias patogênicas e metais pesados; assoreamento que ocorre através do acúmulo de substâncias minerais, como areia e argila, ou orgânicas, como o lodo, em um corpo d'água, com a redução de sua profundidade e de seu volume útil; a eutrofização que se dá pela fertilização excessiva por adição de nutrientes como nitrogênio e fósforo, causando o crescimento descontrolado de algas e plantas aquáticas; e a acidificação que é o abaixamento do pH, que contribui para a degradação da vegetação e da vida aquática. No entanto, a melhor ou pior qualidade dos despejos industriais varia muito em função da atividade produtiva, da tecnologia empregada e do tratamento que essa indústria emprega em seus rejeitos antes de lançá-los em um corpo d'água..

5. CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA ORLA DE BELÉM

A superfície da água da baía do Guajará, mesmo em condições de ventos fracos, caracteriza um sistema relativamente agitado, sobretudo pela ação das correntes de marés, com a presença freqüente de ondulações irregulares, definindo claramente um regime de fluxo turbulento. Com maré vazante e o vento geral N-NE, formam-se na baía ondas de até 1,5 metros. Apesar da forte imposição das correntes e de marés, as ondas geradas pelo vento representam um importante agente da dinâmica do estuário Guajará, o qual propicia a mistura das águas e a resuspensão praticamente constante dos sedimentos de fundo nos bancos e margens. Além disso, provocam ataques erosivos e, por outro lado, criam situações de sedimentação em locais específicos. Nas marés de sizígia e enchente ocorrem as velocidades máximas de correntes, a cerca de 1 metro da superfície, sendo que na baía do Guajará são comuns $2,1 \text{ m.s}^{-1}$. No rio Guamá foram determinadas velocidades máximas de $1,89 \text{ m.s}^{-1}$ na enchente (Pinheiro, 1987).

As águas da baía do Guajará apresentam uma elevada turbidez, são barrentas e de coloração amarelo-esverdeada, bem evidente nos sedimentos de “furos” e igarapés, como o da Paciência e o Cumbu, margem esquerda do rio Guamá, defronte da Universidade Federal do Pará, observados sob maré baixa. (Lima 1956, Pinheiro, 1987).

No canal do Porto, baía do Guajará, foram medidos até 400 mg/L de material em suspensão, na profundidade de 4 a 5 metros da superfície. No canal do meio, até 700 mg/L, em 7 a 10 metros de profundidade, enquanto 520 mg/L a 1 metro da superfície e 960 mg/L a 1 metro do fundo, cerca de 4 horas após a preamar, durante as vazantes. Pinheiro (1987) observou pequenas diferenças no valor da concentração média do material em suspensão, entre o período chuvoso e de estiagem, $115,06 \text{ mg/L}$ e $97,61 \text{ mg/L}$ ¹, respectivamente com diferenças entre as marés sizígia e de quadratura, 130 mg/L e 100 mg/L , respectivamente, no período chuvoso, e 141 mg/L para sizígia e em torno de 94 mg/L na quadratura na estiagem. Os valores máximos ocorrem próximos a baixa mar, nos finais dos fluxos de vazantes. A composição do material em suspensão determinada por Pinheiro (1987) é: caulinita, ilita, esmectita, além de interstratificados de ilita-esmectita, quartzo e traços de clorita. Cordeiro (1987) encontrou para o material em suspensão concentrações de 83 a 467 mg/L, na área Belém-distrito de Mosqueiro.

O pH das águas da baía do Guajará está normalmente entre 6 e 7. Valores de 4,5 podem ser encontrados em drenagens pequenas e não poluídas, sob influência de matéria orgânica (Mazzeo, 1991). Também Gaspar (2001), em águas de maré vazante, de período

seco, encontrou um máximo de 8,7, que está relacionado com a poluição. Nos igarapés Paracurí e Cumbu, Ribeiro (2002) verificou pH entre 5,0 e 5,5.

A condutividade elétrica do rio Guamá é da ordem de 20 a 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a expressão da sua água doce, o que também é reproduzido no igarapé Cumbu. Na baía do Guajará são mais comuns valores de 100 a 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$. No igarapé Paracurí, que desemboca na baía, foram encontrados valores de 76 a 106 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Ribeiro, 2002), enquanto nos canais interiores de Belém, devido a poluição, a condutividade pode alcançar valores maiores que 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Em agosto de 1985, à altura das praias de Mosqueiro, banhada pelas águas da baía do Marajó, Cordeiro (1987) determinou 13 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$; em Distrito de Icoaraci, à montante e mais próximo de Belém, 617 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e em Belém, na baía do Guajará, 26 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sempre medidas na preamar, mas as medidas de baixa-mar foram apenas cerca de 10% menores. No mesmo ano, os valores de condutividade nessas três zonas de amostragem variaram de 30 a 41 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no mês de maio, sob forte influência das chuvas, de 82 a 3300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no mês de novembro, e em janeiro de 1986, quando estava iniciando o período chuvoso, os valores estiveram de 27 a 119 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

O oxigênio dissolvido para as águas da baía do Guajará está normalmente entre 6,5 e 8 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, e só nas drenagens poluídas, como no igarapé Tucunduba, Mazzeo (1995) determinou na vazante a média de 0,7 e na enchente 3,5 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Resultados comparáveis encontrou Gaspar (2001) nas águas do igarapé Mata Fome, poluído com esgotos domésticos, sobretudo.

O sulfato nas águas diluídas do período chuvoso, no rio Guamá, baía de Guajará e até altura de Mosqueiro apresentou concentrações menores que 10 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, e no período de estiagem, com a entrada da cunha salina, valores de 502 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ foram determinados, ainda que a predominância fosse de valores menores que 130 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (Cordeiro, 1987). Nas drenagens de Belém os valores estiveram em geral menores que 10 no igarapé Tucunduba ocorreram valores de 30 e um máximo de 540 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, uma clara poluição industrial do curtume.

O nitrato (N-NH_3^-) no rio Guamá, nas proximidades da estação de captação da água para o lago de Água Peta, esteve entre 0,4 e 1,1 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$; nas cabeceiras do rio Aura, 0,5 a 1,5 e em ponto sob contaminação de chorume do rio Aura de 0,5, 24 a 48 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (Morales, 2002). No igarapé Mata Fome, também poluído, Gaspar (2001) determinou 5,7 a 12,5 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ N-NH_3^- . Nos igarapés Paracuri e Cumbu, em média 0,15 e 0,08 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (Ribeiro, 2002).

As concentrações de fosfato (P-PO_4^{3-}) na drenagem pouco poluída, ou não poluída na maior parte do tempo, do igarapé Cumbu, assim como nos igarapés Paracurí, Tucunduba e Una, que são poluídos, se apresentaram baixas, de 0,08 a 0,030 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (Mazzeo, 1991;

Ribeiro, 2002). Nos canais Reduto, Bernardo Sayão, Tamandaré e Armas, que sofrem poluição mais intensa de detergentes e produtos químicos em geral, por cortarem zona residencial e comercial com maior poder aquisitivo, as concentrações de PO_4^{3-} alcançaram $5,5 \text{ mg.L}^{-1}$, valores muito altos, até mesmo para zonas poluídas (Mazzeo, 1991).

6. ATIVIDADES E MÉTODOS

6.1. ETAPA DE CAMPO

O presente estudo foi realizado em três campanhas no ano de 2005 para coleta de amostras de água superficial da baía do Guajará, em um trecho compreendido entre o bairro de Val-de-Cães e distrito Icoaraci. As amostras foram coletadas em frente a diversas empresas instaladas à margem da baía, dentre as quais uma madeireira, uma de pescado, uma de óleos e gorduras, cervejaria, e matadouro e outras, cujos efluentes lançados através de esgoto na baía do Guajará são compostos predominantemente por matéria orgânica. Os meses escolhidos para a amostragem foram maio, que em 2005 correspondeu ao fim das chuvas, novembro e dezembro, que corresponderam ao fim da estiagem e início das chuvas respectivamente.

Na campanha do mês de maio foram realizados três perfis, perpendiculares à margem do estuário, referentes às empresas A1, A2, e A3, e para cada perfil foram coletadas quatro amostras, a 0, ponto localizado o mais próximo possível do esgoto das empresas, 50, 100 e 200 metros da margem das empresas (figura 03). Os perfis da segunda campanha, mês de novembro, são referentes às empresas B1, B2, B3 e B4, e na terceira campanha, mês de dezembro, os perfis referem-se às empresas C1, C2, C3, C4 e C5, cada um deles com três amostras, a 0, 200 e 400 metros da margem (figura 04 e 05). Todas as amostras, para todas as campanhas, de água foram coletadas durante a maré baixa.

Nas duas últimas campanhas, de novembro e dezembro, optou-se por distanciar ainda mais as amostras da influência do esgoto das empresas, com o objetivo de verificar se os valores obtidos a uma distância de 400 metros da margem apresentariam diferenças significativas em relação aos valores já obtidos a 200 metros da margem das empresas.

No momento da coleta das amostras foram medidos o pH e a condutividade, e imediatamente após a coleta, as amostras foram conduzidas ao laboratório e refrigeradas a 4^oC.

6.2. ETAPA DE LABORATÓRIO

Em laboratório foram analisados os seguintes parâmetros: cor, turbidez, material particulado em suspensão, oxigênio dissolvido, oxigênio consumido, CO₂ livre, nitrato, sulfato, fósforo total, alcalinidade total e os cátions Na, K, Ca e Mg.

Resumidamente, a metodologia analítica empregada para a análise química dos parâmetros estudados é a seguinte:

- **Potencial hidrogeniônico (pH)** - método potenciométrico, utilizando o medidor de pH de campo marca Orion, modelo 210; medida feita em “*in situ*”.

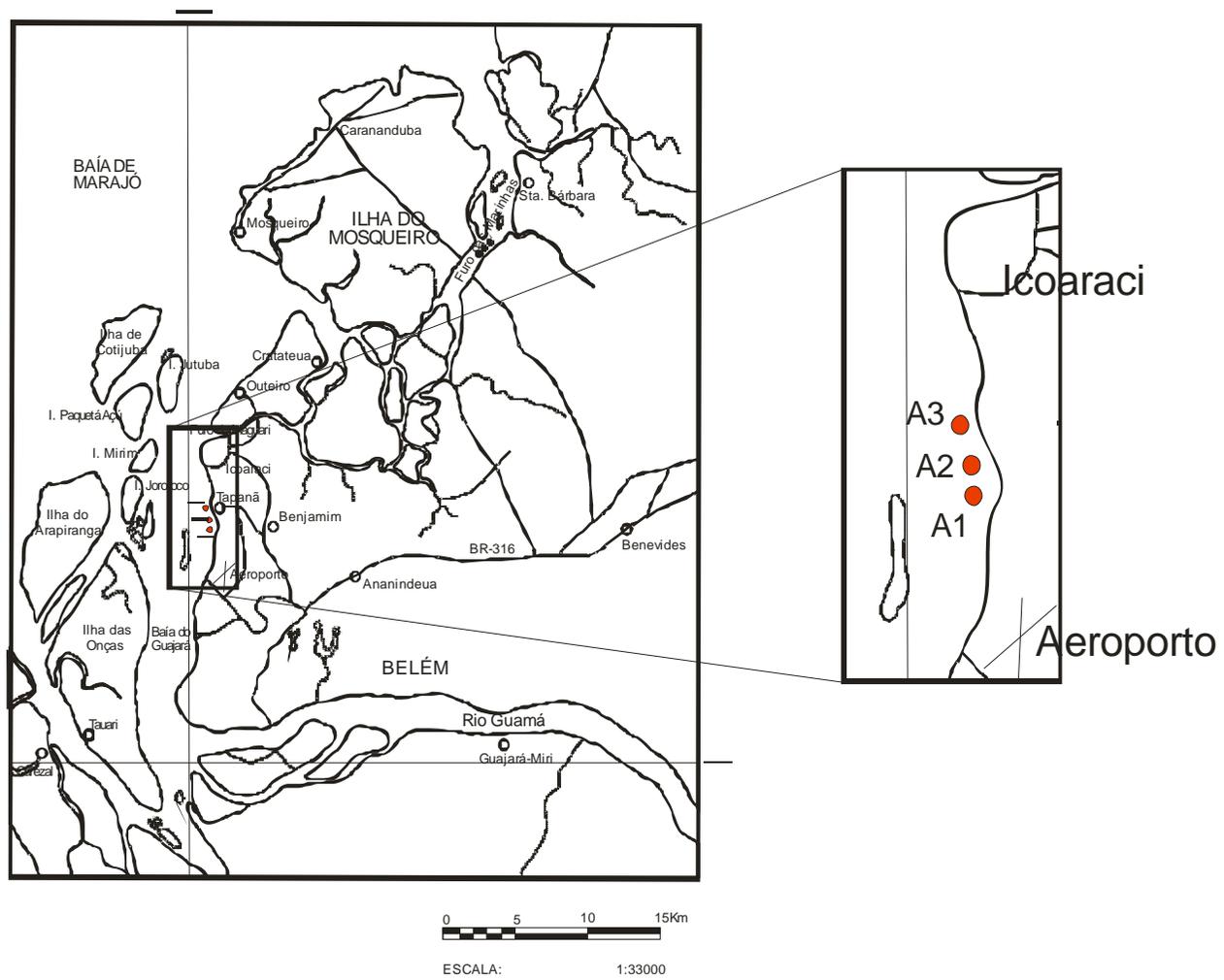


Figura 03: Mapa de amostragem (campanha de maio de 2005).

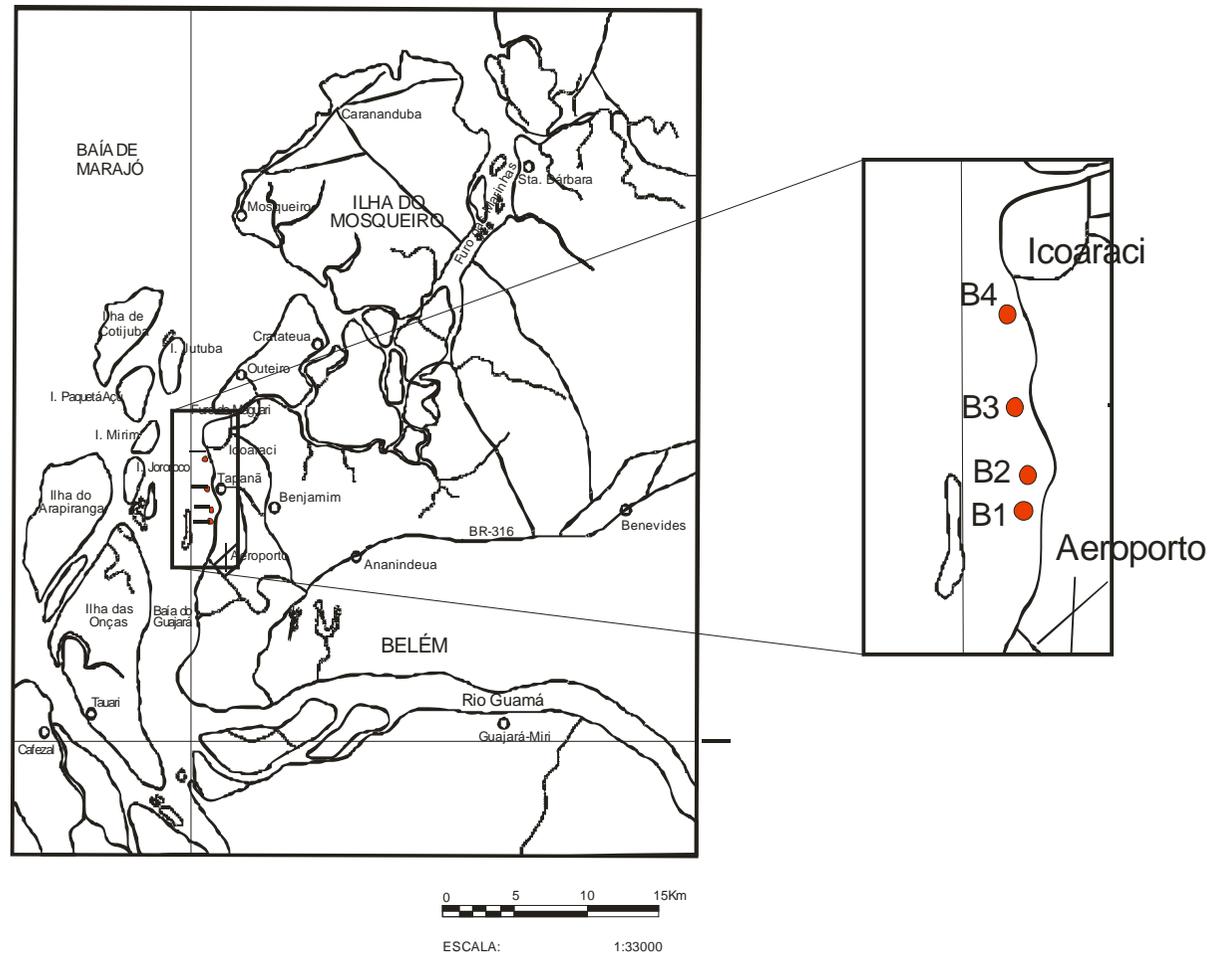


Figura 04: Mapa de amostragem (campanha de novembro de 2005)

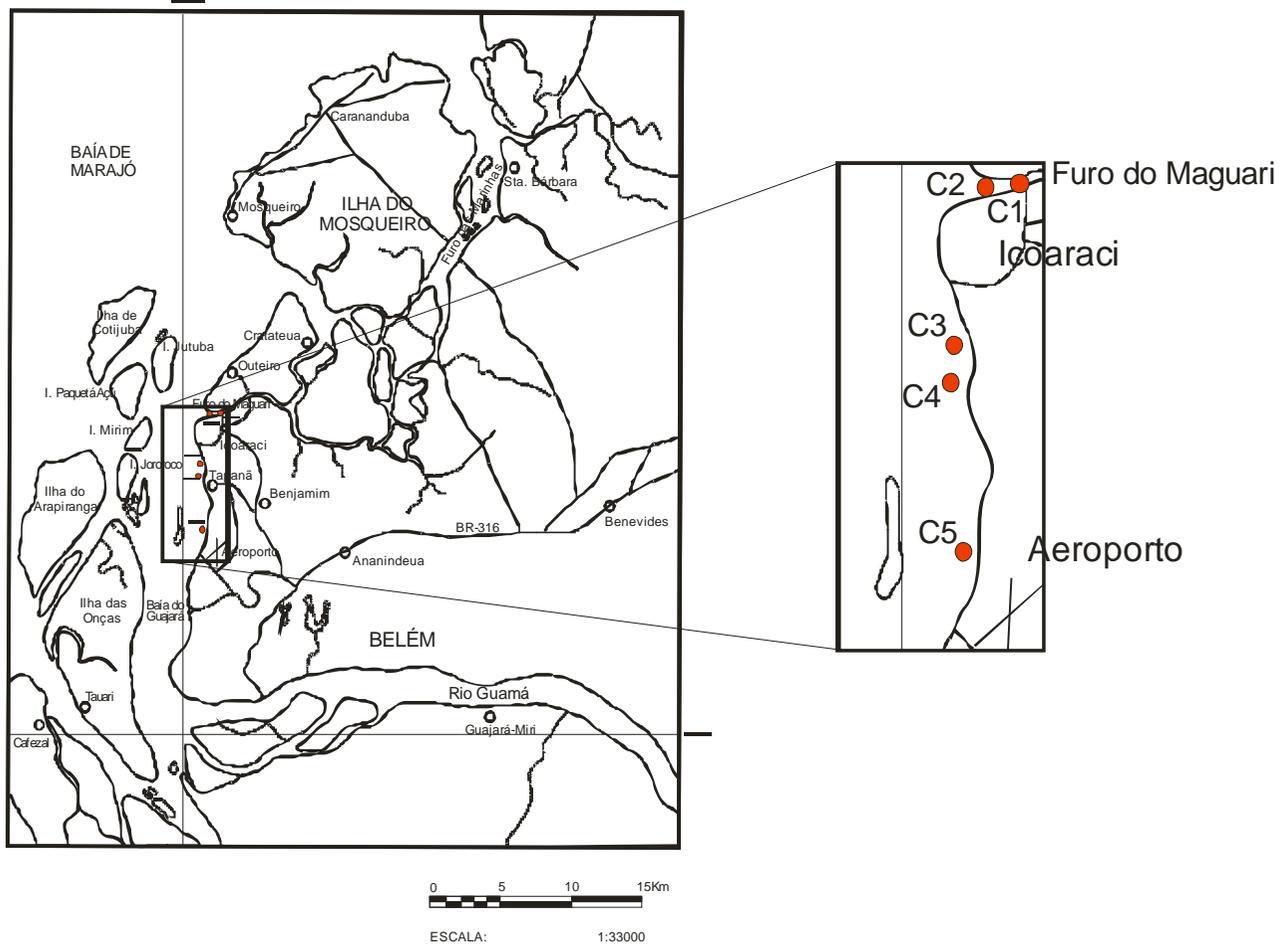


Figura 05: Mapa de amostragem (campanha de dezembro de 2005)

- **Condutividade elétrica** – método condutivimétrico utilizando o medidor de campo marca Orion, modelo 115.
- **Cor** – método colorimétrico, utilizando-se o espectrofotômetro portátil, marca Hach, modelo Dr/2010.
- **Turbidez** – método turbidimétrico, utilizando o turbidímetro marca Hach, modelo 46500-00.
- **Material particulado em suspensão (MPS)** – método gravimétrico. Filtrou-se 300 ml de amostra em filtro de membrana de acetato de celulose de 47 mm de diâmetro e 0,45µm de porosidade previamente seco em estufa e pesado e, em seguida seca-se a 60°C por 2 horas e pesa-se novamente e calcula-se o material particulado em suspensão em função do volume utilizado.
- **Oxigênio dissolvido (OD)** – método Winkler modificado pela azida sódica. Utilizou-se frasco próprio para a amostragem, o qual permaneceu protegido da luz. A fixação do oxigênio na amostra foi feita em campo e a titulação em laboratório.
- **CO₂ Livre** – obtido segundo Custódio e Llamas (1976), a partir de valores de alcalinidade e pH, utilizando a seguinte fórmula (Custódio e Llamas, 1976):

$$\text{CO}_2 \text{ livre} = 6 - \text{pH} + 1,589 \cdot (\text{HCO}_3^-)$$

$$\text{HCO}_3^- \text{ ppm} = 1,22 \text{ alcalinidade total, em ppm de CaCO}_3.$$
- **Oxigênio Consumido** – determinação indireta através da oxidação por permanganato de potássio. A amostra foi digerida com excesso de permanganato de potássio, em meio ácido, a 80 C, durante 30 min. O excesso de permanganato foi reagido com um volume de oxalato de sódio equivalente ao volume de permanganato, e o excesso de oxalato foi titulado com permanganato.
- **Fósforo total** - método colorimétrico, utilizando-se o espectrofotômetro portátil, marca Hach, modelo Dr/2010.
- **Nitrato** - método colorimétrico, utilizando-se o espectrofotômetro portátil, marca Hach, modelo Dr/2010.
- **Sulfato** – método colorimétrico, utilizando-se o espectrofotômetro portátil, marca Hach, modelo Dr/2010.
- **Alcalinidade** - alcalinidade é determinada através de titulação.
- **Cátions Na, K, Ca e Mg** – método da espectrometria de absorção atômica.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1. pH

O pH, potencial hidrogeniônico, expressa o grau de acidez ou basicidade de uma solução, ou seja, a concentração de íons de hidrogênio nessa solução. Considerado como uma das variáveis ambientais mais importantes, o pH é ao mesmo tempo uma das mais difíceis de interpretar, o que se deve ao grande número de fatores que podem influenciá-lo (Esteves, 1988).

O pH é um fator importante na análise de água em virtude de poder influenciar tanto a composição de espécie química, como afetar a disponibilidade de nutrientes e a toxicidade de muitos elementos traços em ambiente (McNeely et al., 1979).

Por definir o caráter ácido, básico ou neutro de uma solução, este parâmetro deve ser considerado, uma vez que os organismos aquáticos estão geralmente adaptados às condições de neutralidade e, em conseqüência, alterações bruscas do pH de uma água podem acarretar o desaparecimento dos seres nela presentes.

Geralmente um pH muito ácido ou muito alcalino está associado à presença de despejos industriais. Isto ocorre porque a decomposição da matéria orgânica libera gás carbônico que por sua vez reage com a água para formar ácido carbônico e conseqüentemente baixa o pH do sistema aquático.

Águas naturais geralmente tem pH compreendido entre 4 e 9 e são ligeiramente alcalinas devido a presença de carbonatos, bicarbonatos e metais alcalinos e alcalinos terrosos (Schafer 1985). Cordeiro (1987) analisou amostras de água num trecho compreendido ao longo do estuário do rio Pará nos meses de março, maio, agosto e novembro de 1985 e janeiro de 1986, e todos os valores encontrados para o pH estavam entre 6 e 6,5 tanto na baixamar quanto na preamar.

Os valores encontrados para o pH, na primeira amostragem, realizada em maio, período chuvoso, estiveram entre 5,74 e 6,14, e todos os perfis, apresentaram linhas de tendência muito parecidas (figura 6), com os menores valores sempre encontrados a 50 metros da margem. O fato dos menores valores sempre terem sido encontrados a essa distância da margem, pode ser explicada pelo fato dos esgotos de determinadas indústrias serem lançados na baía através de tubulações que finalizam em torno dessa distância, 50 a 100 metros. Os valores de pH para a primeira campanha apresentaram-se ligeiramente ácidos fenômeno muito provavelmente relacionado a presença de ácidos orgânicos.

Os maiores valores para pH foram encontrados nas amostras coletadas na segunda campanha, realizada no fim do mês de novembro, correspondente aos perfis B1, B2, B3, e B4, cujos valores estiveram entre 6,75 a 7,39. A terceira campanha, realizada em dezembro, que no ano de 2005 correspondeu ao início das chuvas, os valores estiveram entre 6,54 e 6,8 . Em nenhuma das campanhas houve diferenças bruscas nos valores de pH encontrados à margem e os encontrados a 200 ou 400 metros desta, evidenciando que efluentes industriais não afetaram de modo significativo o pH.

7.2. CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (CE)

A condutividade elétrica é uma expressão numérica da capacidade da água conduzir corrente elétrica. Este parâmetro está relacionado com a presença de íons dissolvidos na água, que são partículas carregadas eletricamente, por isso quanto maior a quantidade de íons dissolvidos na água, maior será a condutividade elétrica.

A condutividade é controlada sobretudo pelo tipo de rocha onde está implantada a bacia fluvial. Constitui uma das variáveis mais importantes para o ambiente aquático, visto que pode fornecer importantes informações sobre o metabolismo aquático, como sobre fenômenos importantes que ocorram na sua bacia. Os valores de condutividade elétrica podem ajudar a detectar fontes poluidoras nos ecossistemas aquáticos (Santos, 1997).

Nas águas estuarinas a concentração dos elementos maiores são responsáveis diretamente pelos valores de condutividade. Desta forma a condutividade elétrica poderá indicar possíveis impactos ambientais ocasionados por lançamentos de resíduos industriais em um curso d'água.

A condutividade elétrica à 18°C varia entre 100 e 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em águas doces e em torno de 45000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em águas de mar (Custodio & Llamas, 1976). Os valores medidos por Cordeiro (1987) na baía de Guajará atingiram máximos no mês de novembro (medidas realizadas em 1985), com pico de 1200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em Icoaraci e 86 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em Belém durante a preamar, com valores de baixamar em torno de 10% menores.

Os valores de condutividade medidos neste estudo são considerados normais para a região em todas as campanhas de medição. Porém, em maio, na primeira amostragem, houve um aumento brusco para amostra coletada próximo ao esgoto da empresa A3, como pode ser observado pelos gráficos da figura 07, onde a condutividade teve pico de 112 $\mu\text{S}/\text{cm}$. No mês de novembro, segunda campanha, os menores valores de condutividade correspondem a amostras coletadas à margem (0 metros), próximo aos esgotos das empresas, e os maiores à

400 metros, em direção ao interior da baía.. A terceira campanha, realizada em dezembro, foi a que apresentou a menor diferença nos valores dos perfis transversais a baía.

Os menores valores de CE foram registrados no mês de maio, em torno de 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$, quando ocorreu o máximo de precipitação pluviométrica e os maiores em novembro, durante o fim do período de estiagem, 736 a 1600 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Com o início das chuvas em dezembro os valores tornam a cair, com variações entre 686 e 1319 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

7.3. MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO (MPS)

Material particulado em suspensão é o material particulado não dissolvido, encontrado suspenso no corpo d'água, composto por substâncias inorgânicas e orgânicas, incluindo os organismos planctônicos, fito e zooplâncton.

Os sólidos podem causar danos aos peixes e à vida aquática, podem se sedimentar no leito dos rios destruindo organismos que fornecem alimentos, ou também danificar os leitos de desova de peixes, também podem reter bactérias e resíduos orgânicos no fundo dos rios, promovendo decomposição anaeróbia .

O estuário do rio Pará é caracterizado por águas ricas em partículas em suspensão, as chamadas águas barrentas. Egler & Schwassman (1962), consideram que a dinâmica das águas no baixo Guamá e as inundações de suas margens constituem a principal fonte das partículas em suspensão no estuário.

Cordeiro (1987) observou uma nítida variação da concentração do sedimento em suspensão com a salinidade. Segundo a autora, a relação entre material em suspensão e salinidade é nitidamente inversa, o que ocorre pelo fato da variação gradual na salinidade, devido à penetração das águas marinhas no estuário ocasionar a agregação de finas partículas em suspensão seguida de deposição, o que facilmente ocorre para baixos índices de salinidade, como o da área estudada, entre 0 e 7‰.

Pinheiro (1987) sugere que durante as marés de sizígias ocorre um ligeiro aumento da concentração do material em suspensão pelo recolhimento do material fino das margens do estuário, e que as concentrações máximas geralmente estão associadas a momentos finais da vazante podendo ou não coincidir com os momentos em que as correntes atingem velocidades máximas. Gibbs (1967) observou que nas águas do Amazonas e seus tributários a concentração dos sedimentos diminui a medida que a distância entre as águas fluviais e o oceano diminui, e que durante a estação chuvosa a quantidade de sedimento em suspensão é bem maior que na estação seca.

As maiores concentrações de material particulado em suspensão foram registradas no mês de dezembro, início do período chuvoso, com valores entre 35 e 74 mg/L. Os maiores concentrações para este mês foram adquiridas de amostras de água coletadas próximo às empresas instaladas no furo do Maguari (figura 04), que corresponde aos perfis C4 e C5. E os menores valores foram registrados em novembro, durante o fim da estiagem, entre 14 e 22 mg/L.

Para todas as campanhas não foram observadas diferenças bruscas nos valores medidos à margem e os medidos à 200 ou 400 metros desta, e todos encontraram-se dentro da faixa de normalidade para a baía, como mostram os estudos anteriores, o que caracteriza a alta capacidade das suas águas em diluir o material lançado pelas empresas. A contribuição fluvial, os esgotos e a lixiviação dos terrenos adjacentes são os fatores que contribuem com grande parte do total de mps para do sistema estuarino.

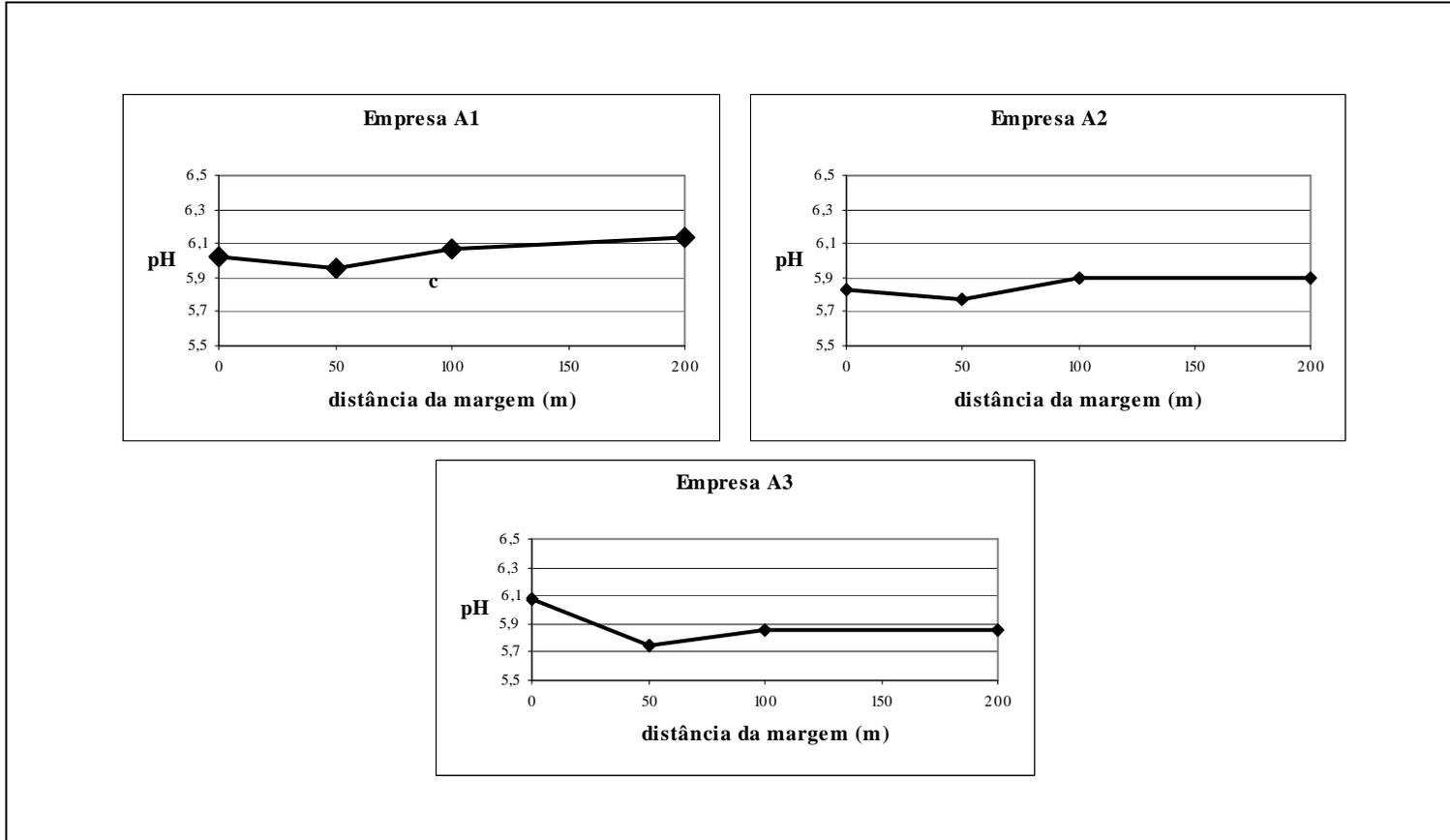


Figura 6.0. Gráficos com os valores de pH em maio de 2005.

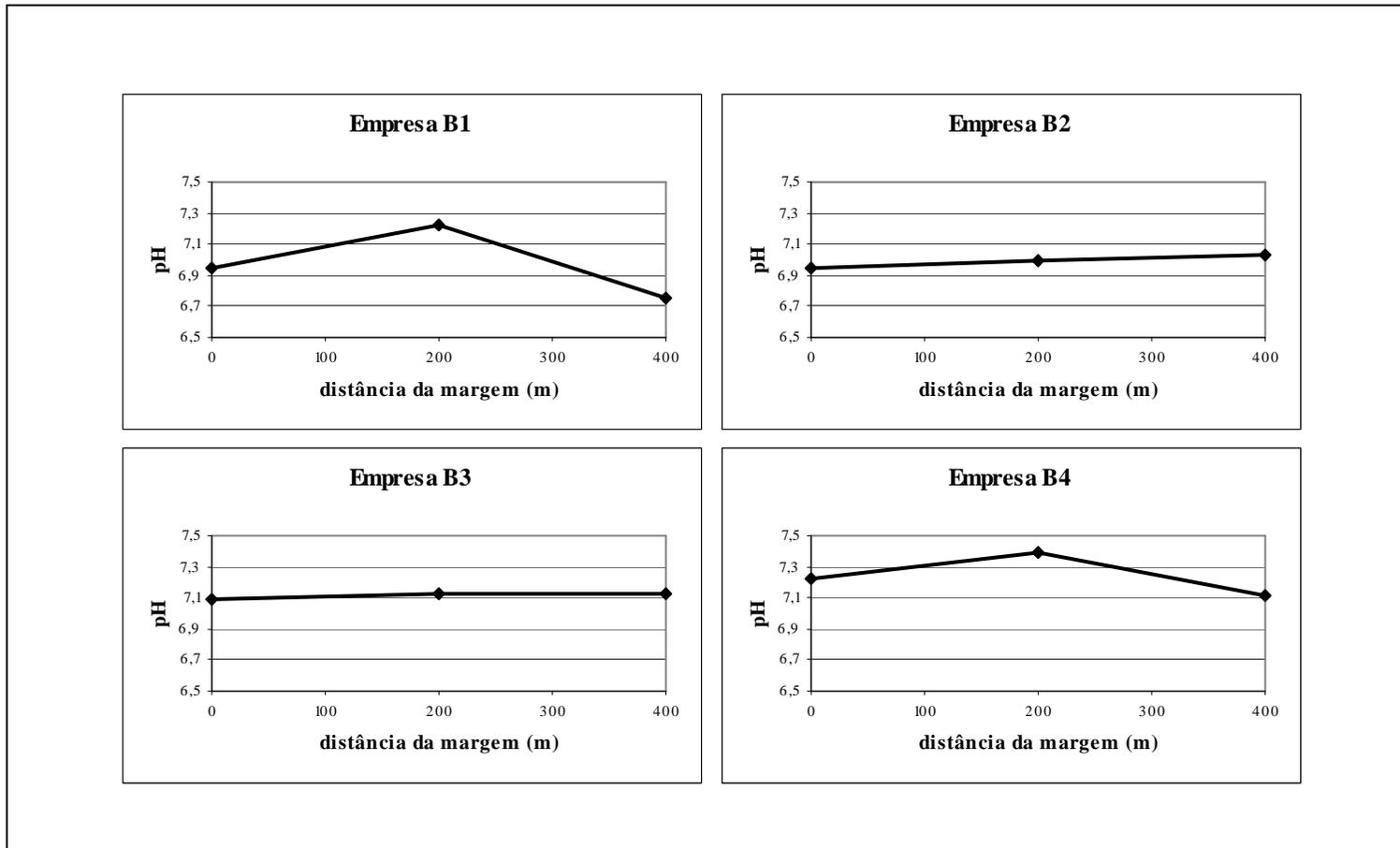


Figura 6.1. Gráficos com os valores de pH em novembro de 2005.

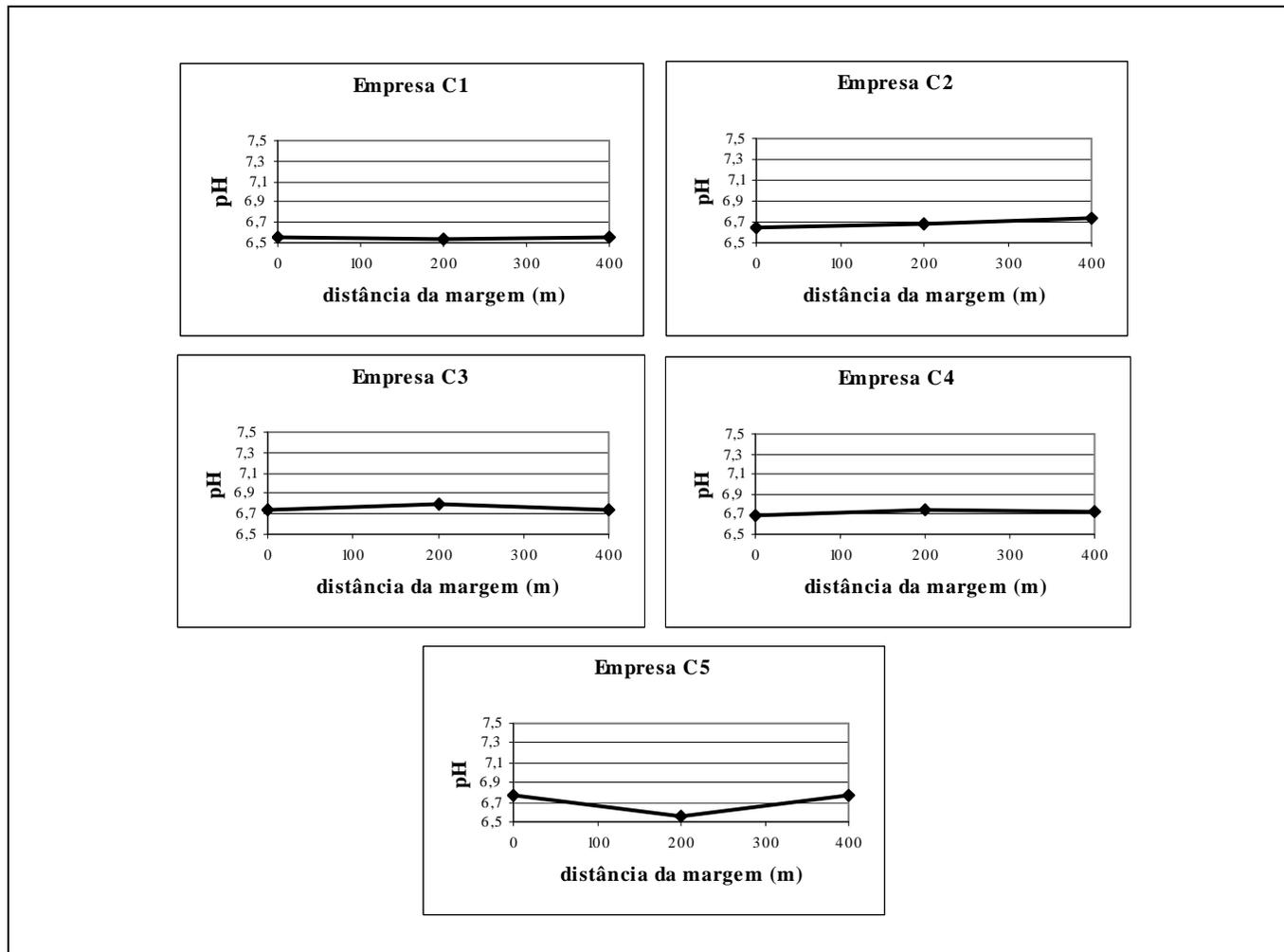


Figura 6.2. Gráficos com os valores de pH em dezembro de 2005.

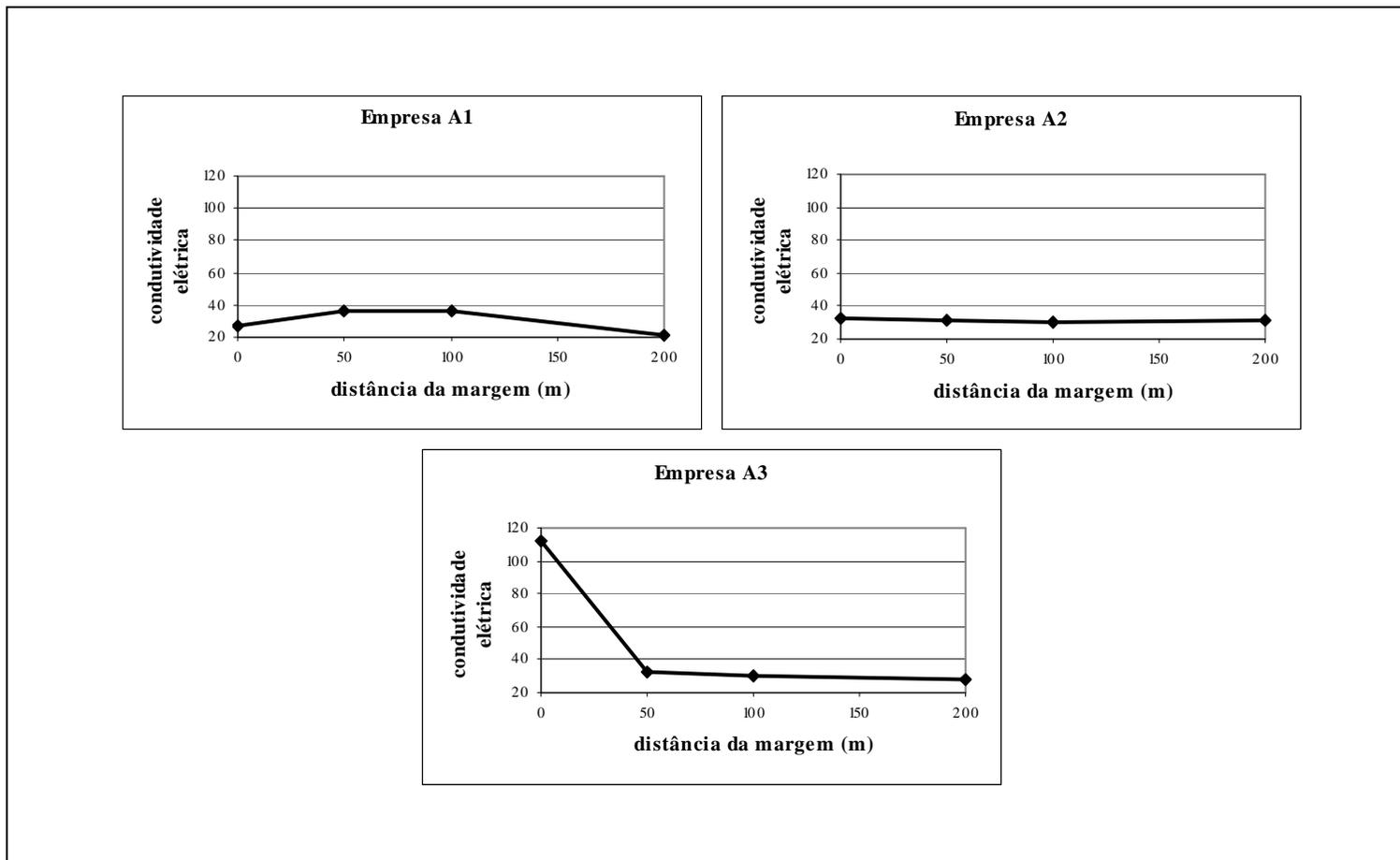


Figura 7.0. Gráficos com os valores de condutividade elétrica em maio de 2005.

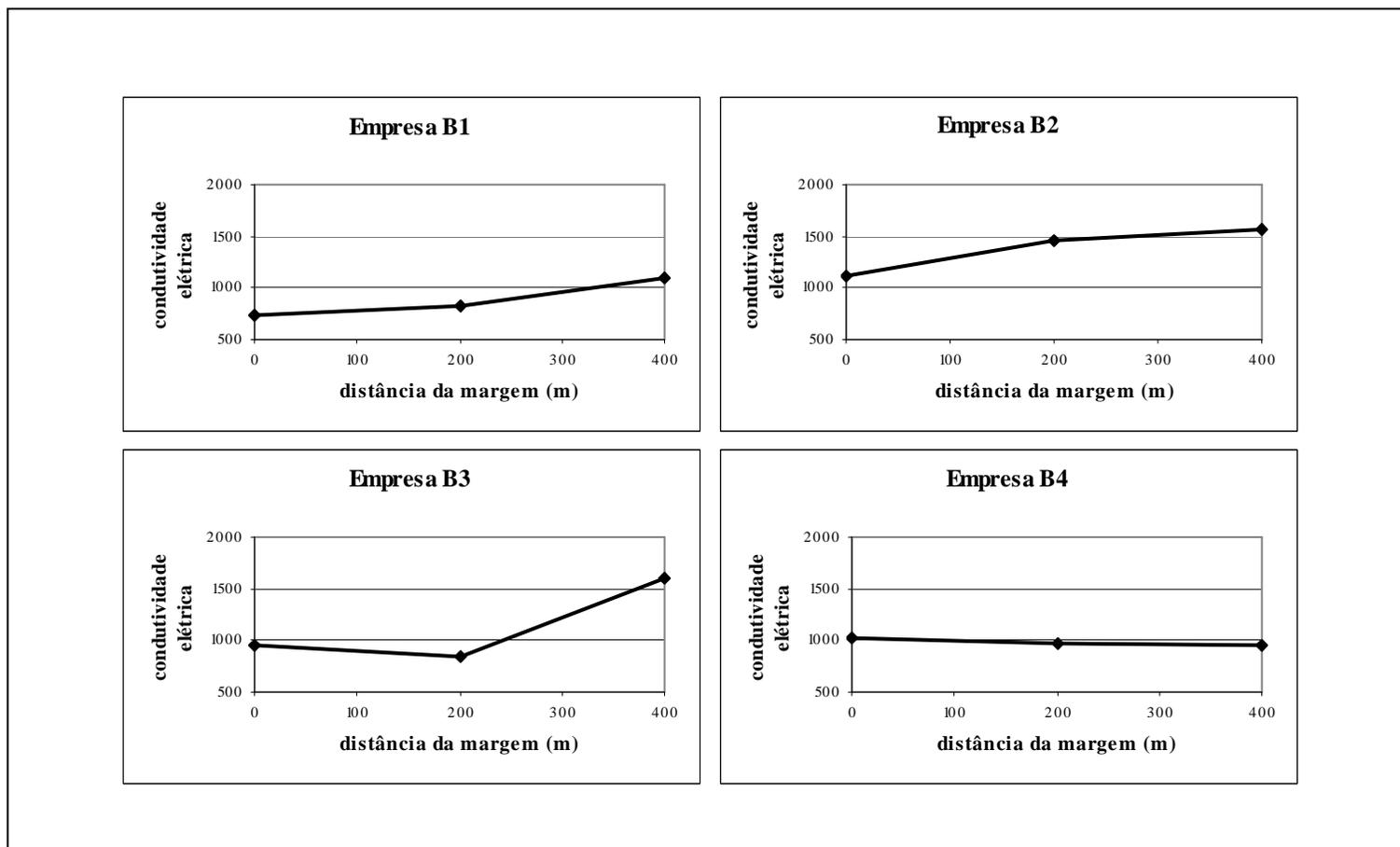


Figura 7.1. Gráficos com os valores de condutividade elétrica em novembro de 2005.

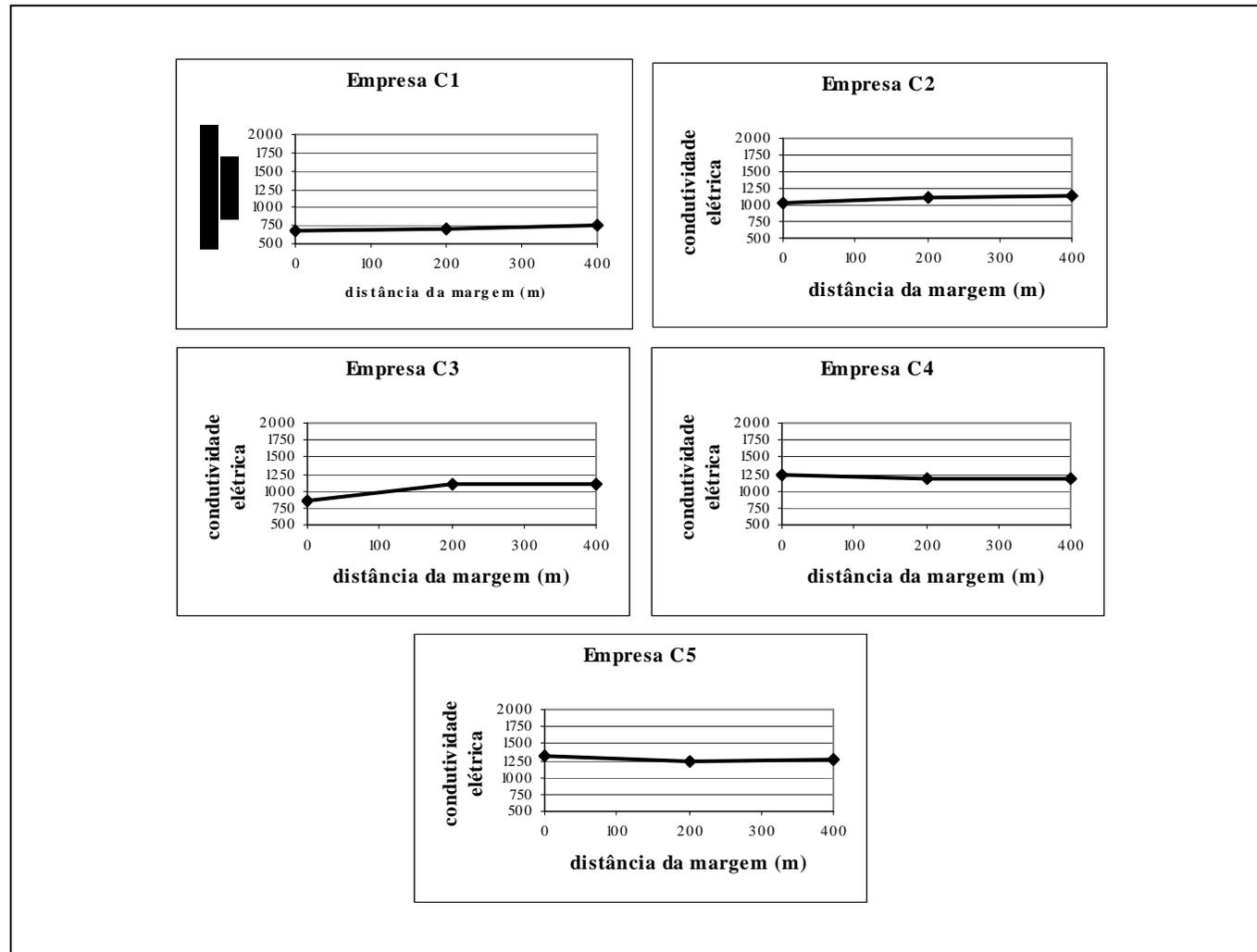


Figura 7.2. Gráficos com os valores de condutividade elétrica em dezembro de 2005.

7.4. TURBIDEZ

Alta turbidez reduz a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. Logo, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas.

Os principais responsáveis pela turbidez da água são principalmente as partículas suspensas e em menor proporção os compostos dissolvidos. A grosso modo, pode-se considerar a cor aparente da água como a sua turbidez. (Esteves, 1988). Assim como a cor a turbidez também é influenciada pelo elevado teor de substâncias húmicas provenientes de esgotos domésticos e/ou industriais (Hem, 1970). Segundo Sioli (1951), a maior contribuição para a turbidez das águas do estuário guajarinense parte das águas do Amazonas.

Assim como os resultados obtidos para o material particulado em suspensão, os maiores valores de turbidez foram observados em dezembro, período chuvoso, de 35 a 74 mg/L, e os menores em novembro durante a estiagem, quando as chuvas ainda não haviam começado, de 14 a 22 mg/L. Em todas as campanhas os perfis não apresentaram diferenças significativas nos valores obtidos para 200 ou 400 metros em relação a margem (0 metros), isto é, não há uma tendência de aumento ou diminuição nos perfis transversais a baía. Portanto, a turbidez está associada indiretamente à precipitação pluviométrica e à presença de mps, já que este também apresentou os maiores resultados em dezembro e os menores em novembro. Este comportamento mostra o efeito do transporte do material sólido pelas chuvas.

7.5. COR

É pouco freqüente a relação entre cor acentuada e poluição nas águas coradas. O problema maior de coloração na água, em geral, é estético já que causa um efeito repulsivo.

Águas de coloração escura podem apresentar elevado teor de substâncias húmicas em virtude de apresentarem alta concentração de dejetos provenientes de esgotos domésticos e/ou industriais, pois a cor é dada pela presença de substâncias pigmentadas tanto minerais quanto orgânicas (Hem, 1970). Os compostos dissolvidos são responsáveis pela cor verdadeira da água e o material em suspensão pela cor aparente (Esteves, 1988).

Na determinação da cor verdadeira das amostras analisadas os maiores valores foram obtidos em maio, durante as chuvas, de 72 a 105 PtCo, e os menores em novembro, no fim da estiagem, de 15 a 36 PtCo, mês em que também ocorreram os menores registros de mps e turbidez, como mostra a tabela 01.

7.6. OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD) E OXIGÊNIO CONSUMIDO (OC)

As principais fontes de oxigênio para a água são a atmosfera e a fotossíntese, e as perdas são o consumo pela decomposição da matéria orgânica, perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos (Esteves, 1988). Os níveis de oxigênio dissolvido tem papel determinante na capacidade de um corpo d'água natural manter a vida aquática. Uma adequada provisão de oxigênio dissolvido é essencial para a manutenção dos processos naturais de auto-depuração em sistemas aquáticos.

O oxigênio dissolvido é necessário para a respiração da maioria dos organismos que habitam o meio aquático, e quando a água recebe grandes quantidades de substâncias orgânicas biodegradáveis encontradas, por exemplo, no esgoto doméstico e em certos resíduos industriais, o oxigênio dissolvido pode reduzir ou desaparecer. Conseqüentemente, o oxigênio dissolvido é de fundamental importância para avaliar as condições naturais da água e detectar impactos ambientais.

Os resultados obtidos para o OD são mostrados na figura 08, onde verifica-se que em maio, mês em que as amostras foram coletadas só até 200 metros da margem, todos os valores encontrados para este parâmetro estiveram entre 2,66 e 4,41 mg/L, que são considerados baixos para a área em questão. Em novembro, quando as chuvas ainda não haviam começado, os valores estiveram entre 3,01 e 7,16 mg/L, e em dezembro, no início das chuvas, os registros foram de 3,2 a 5,7 mg/L.

Todos os perfis transversais à baía apresentaram um aumento gradativo nos valores de OD da margem para o seu interior, como pode ser observado na figura 09.

Considerando-se apenas as amostras coletadas a 200 metros da margem, com o objetivo de se comparar sazonalmente os valores de OD, os maiores registros são de novembro, o que pode ser explicado pelo fato de haver uma diminuição da quantidade de matéria orgânica que chega a baía em função da diminuição da precipitação pluviométrica nesse mês, já que a água das chuvas é responsável pela lavagem dos solos e, conseqüentemente, pelo carreamento de uma quantidade significativa de matéria orgânica para dentro da baía. Maio foi o mês em que foram registrados os menores valores de OD, o que pode ser justificado seguindo-se o mesmo raciocínio, uma vez que nesse mês a quantidade de matéria orgânica que chega a baía é maior e, portanto também é maior a quantidade de oxigênio que é consumida por esta.

O oxigênio consumido é uma a determinação indireta da matéria orgânica através da oxidação por permanganato, que é um processo comparável aos fenômenos de oxidação biológica que ocorrem na natureza (CETESB).

Desta forma a medida de OC permite avaliar a disponibilidade de oxigênio necessário para oxidar a matéria orgânica dissolvida em solução. A grosso modo, considera-se que o material redutor existente em águas seja predominantemente de matéria orgânica (Lima, *et al.*, 1983)

Nas análises realizadas, o oxigênio consumido teve um comportamento inverso ao OD, como pode ser verificado pelos gráficos da figura 10, com os maiores valores sempre obtidos nas amostras coletadas próximo às empresas e com uma diminuição gradativa desses valores em direção ao interior da baía. Em maio os registros de OC estiveram entre 5,2 e 8 mg/L, em novembro entre 3,2 e 6,7 mg/L, e em dezembro entre 4,2 e 8 mg/L. Para comparação, se considerarmos apenas as amostras coletadas a 200 metros da margem das empresas, maio apresenta os maiores resultados, média de 6,03 mg/L, e novembro os menores, média de 5,46 mg/L, o que era esperado, uma vez maio foi o mês que apresentou o maior índice pluviométrico e novembro o mês com menor.

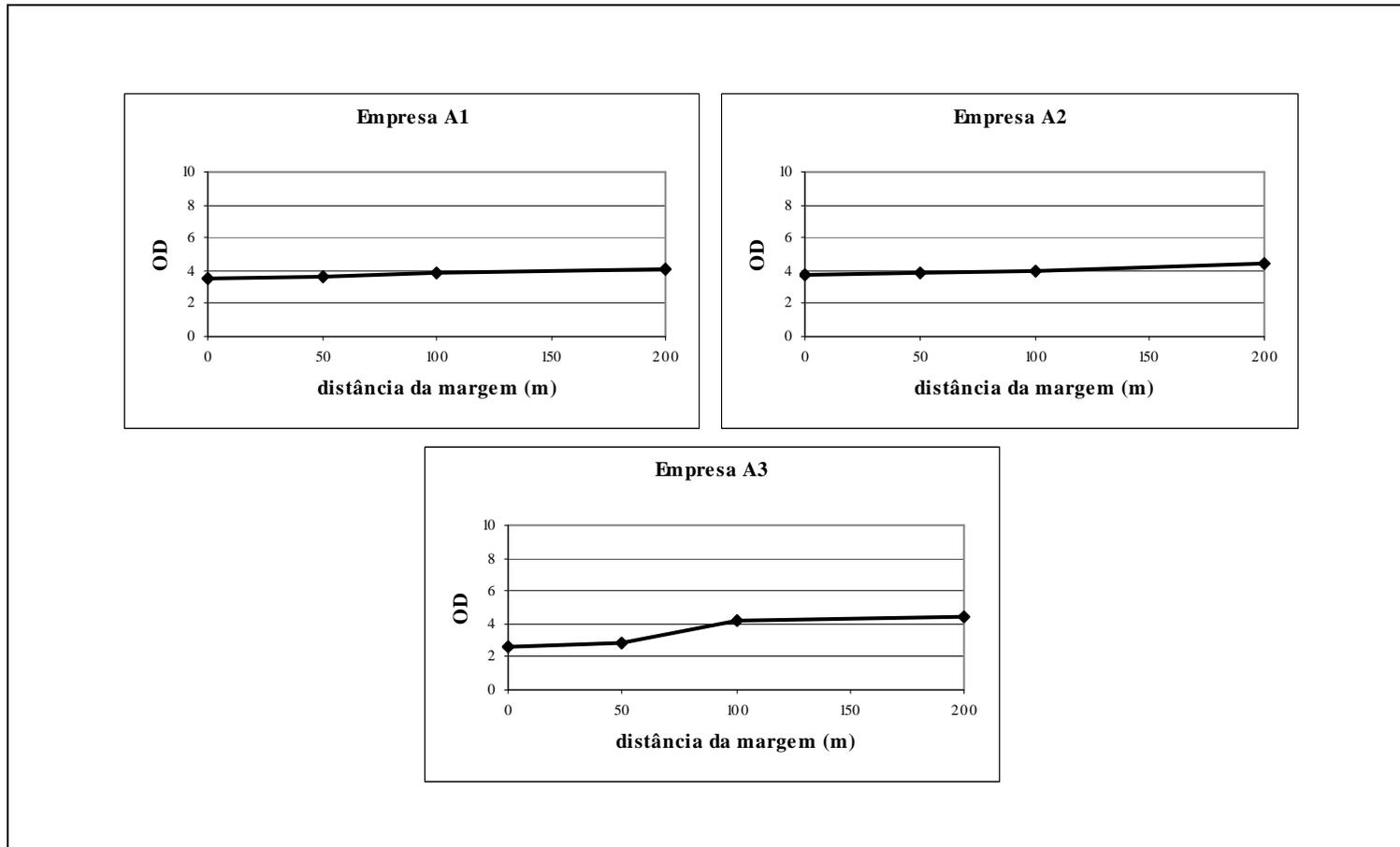


Figura 8.0. Gráficos com os valores de OD em maio de 2005.

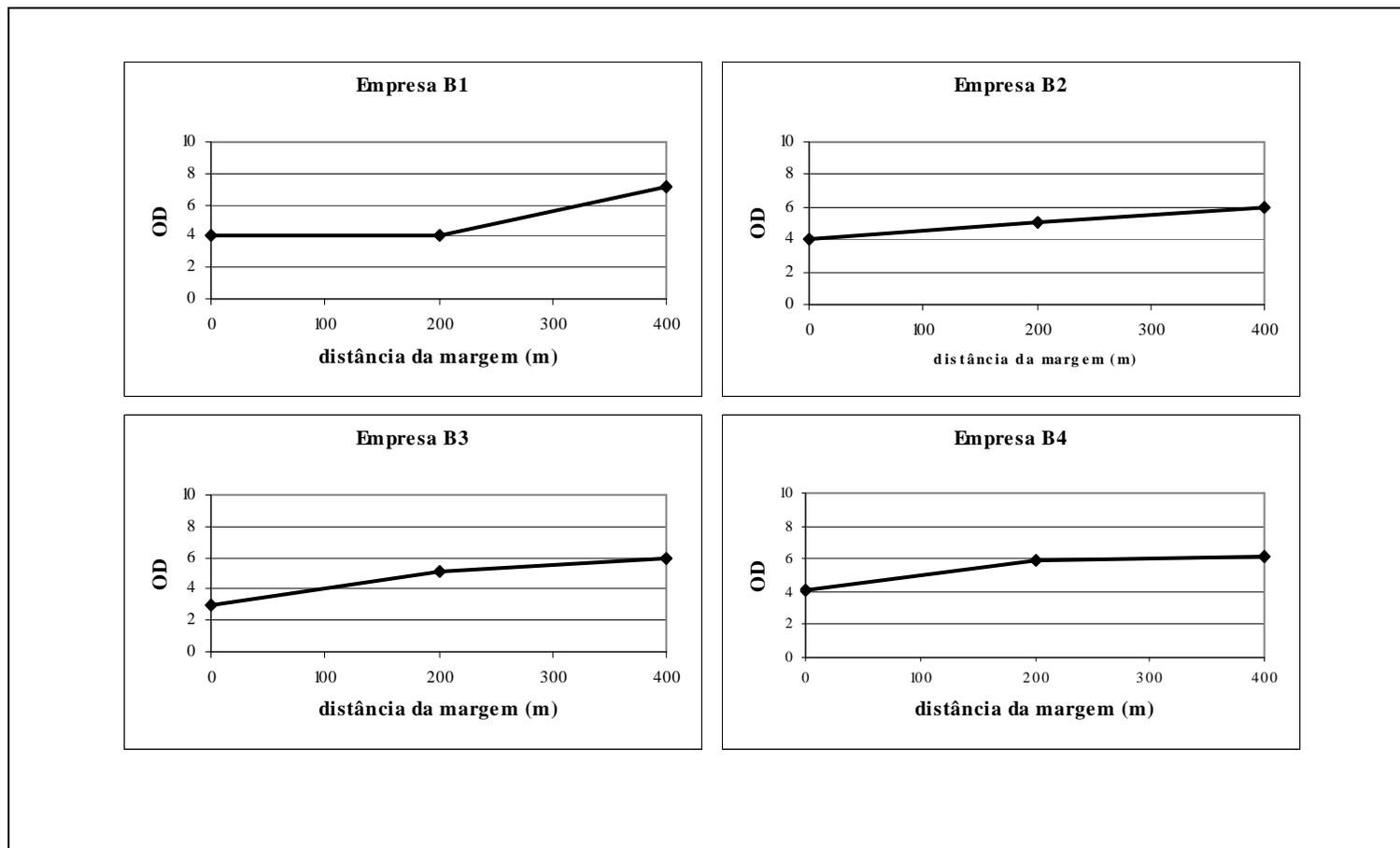


Figura 8.1. Gráficos com os valores de OD em novembro de 2005.

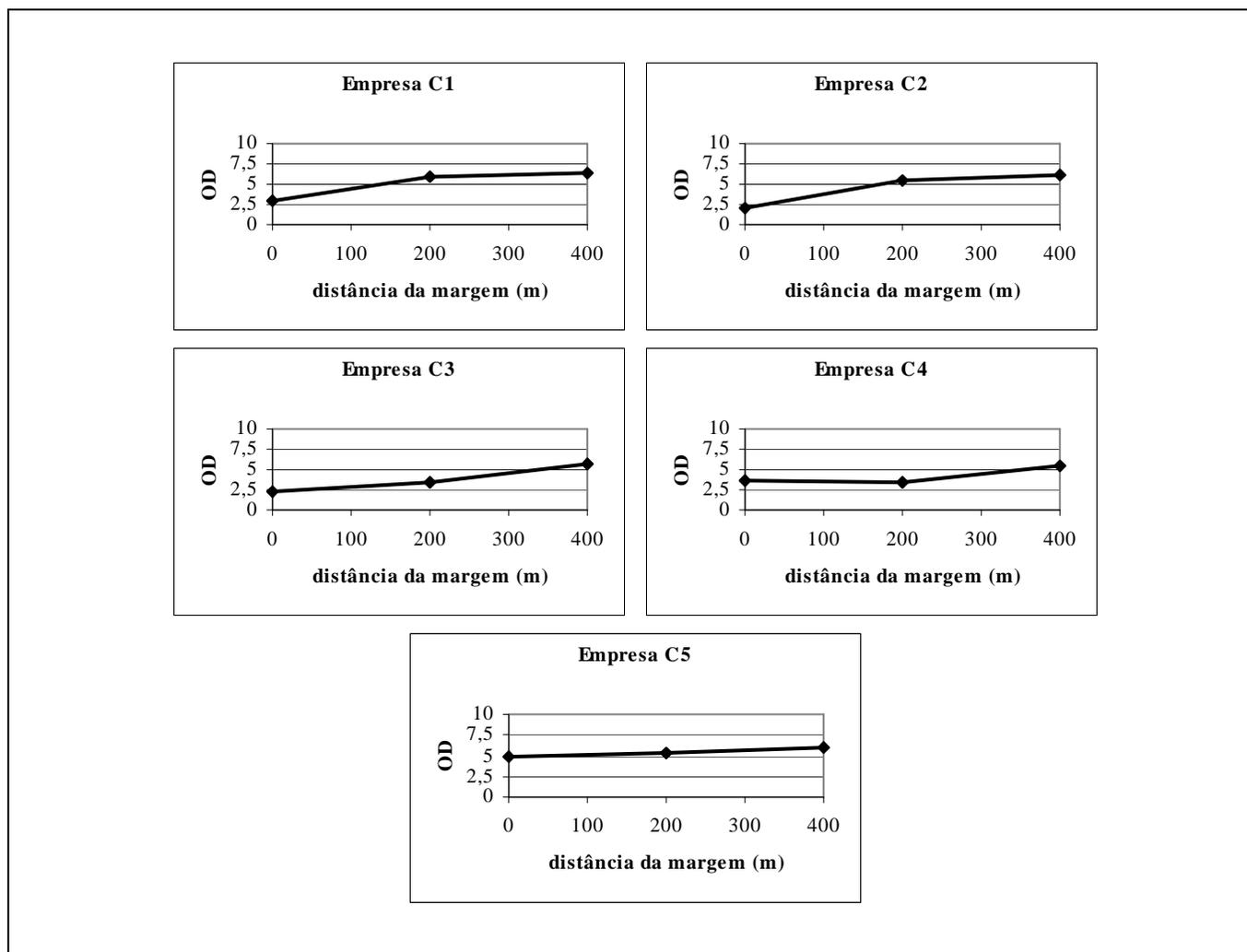


Figura 8.2. Gráficos com os valores de OD em dezembro de 2005.

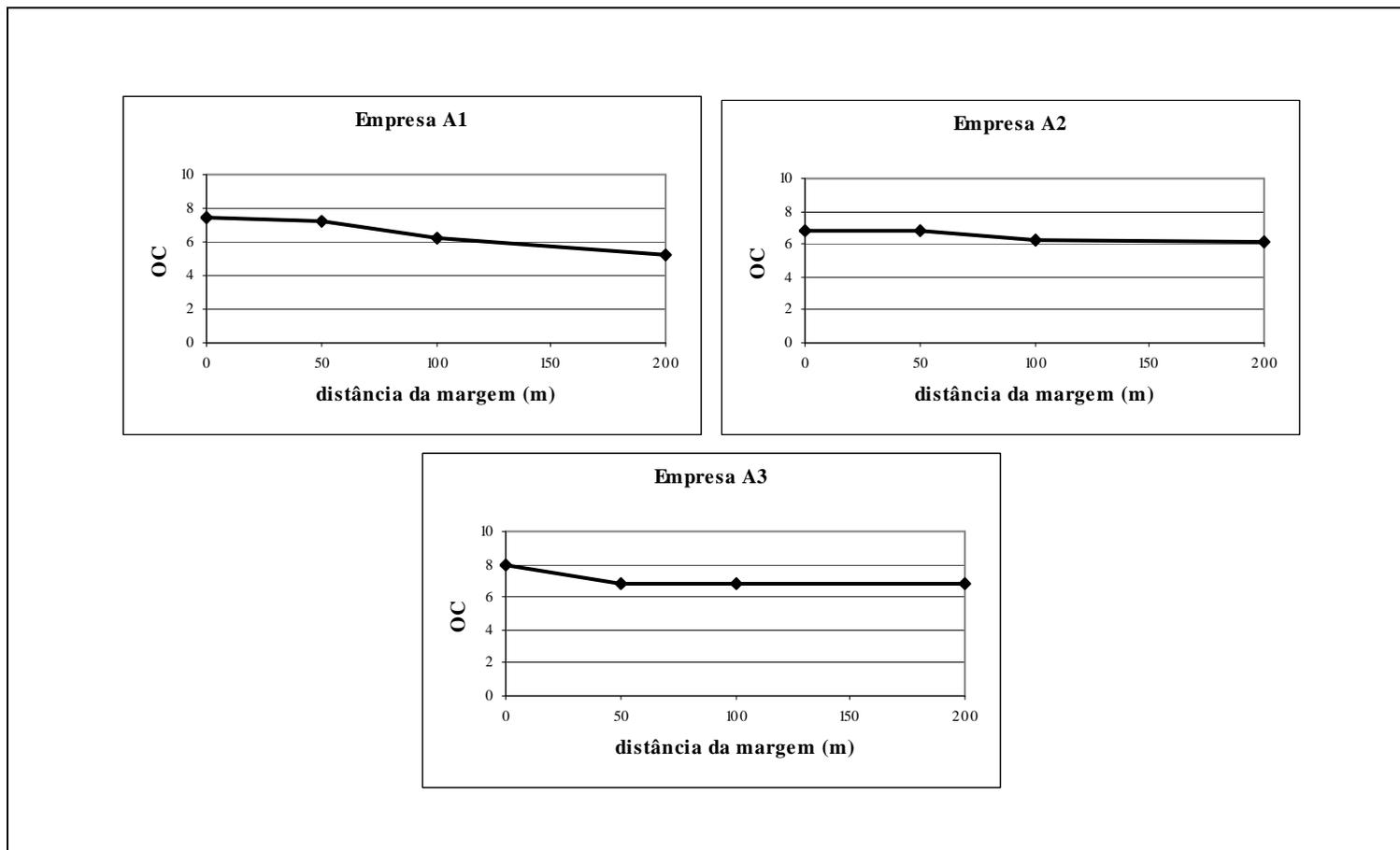


Figura 9.0. Gráficos com os valores de OC em maio de 2005.

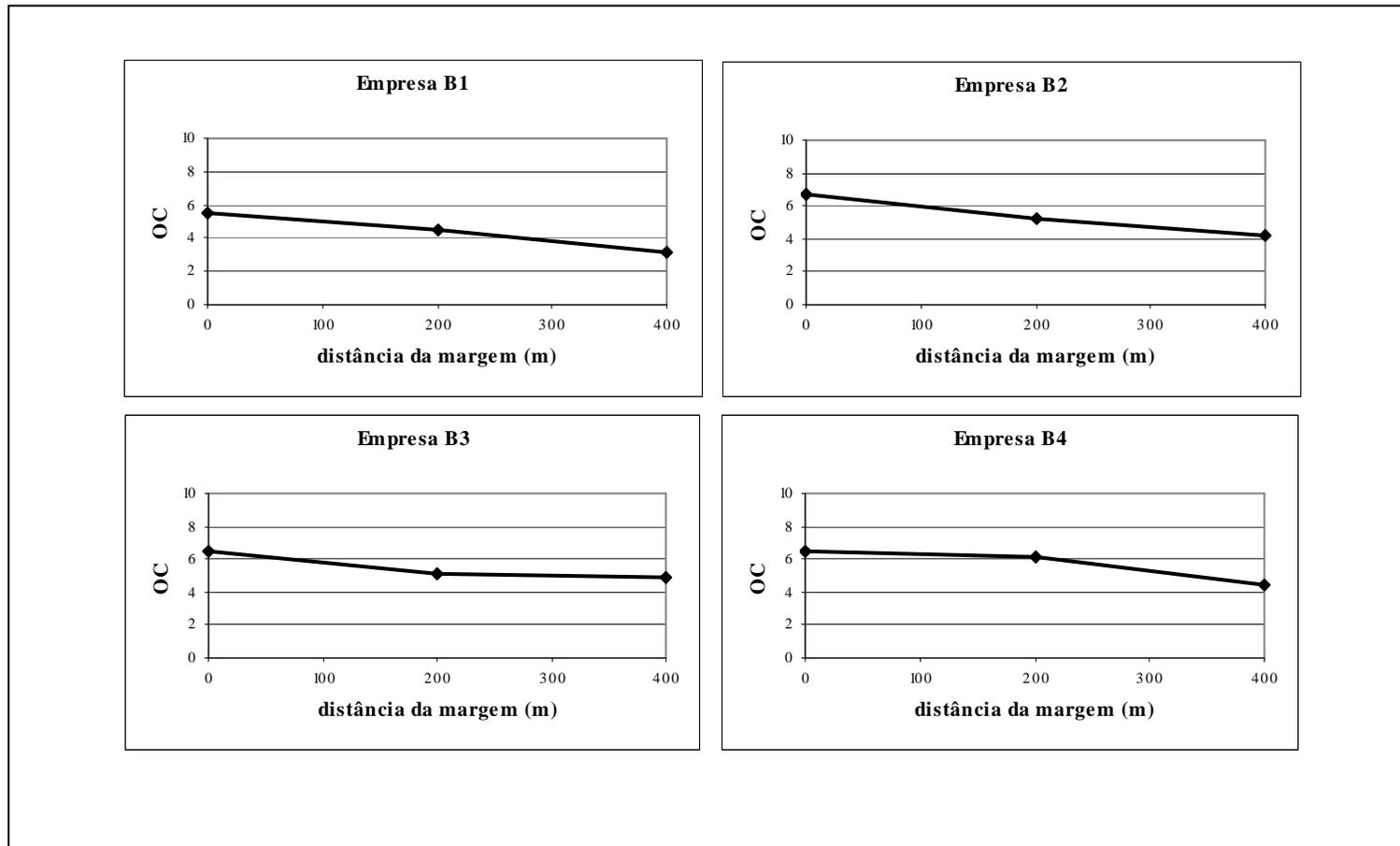


Figura 9.1. Gráficos com os valores de OC em novembro de 2005

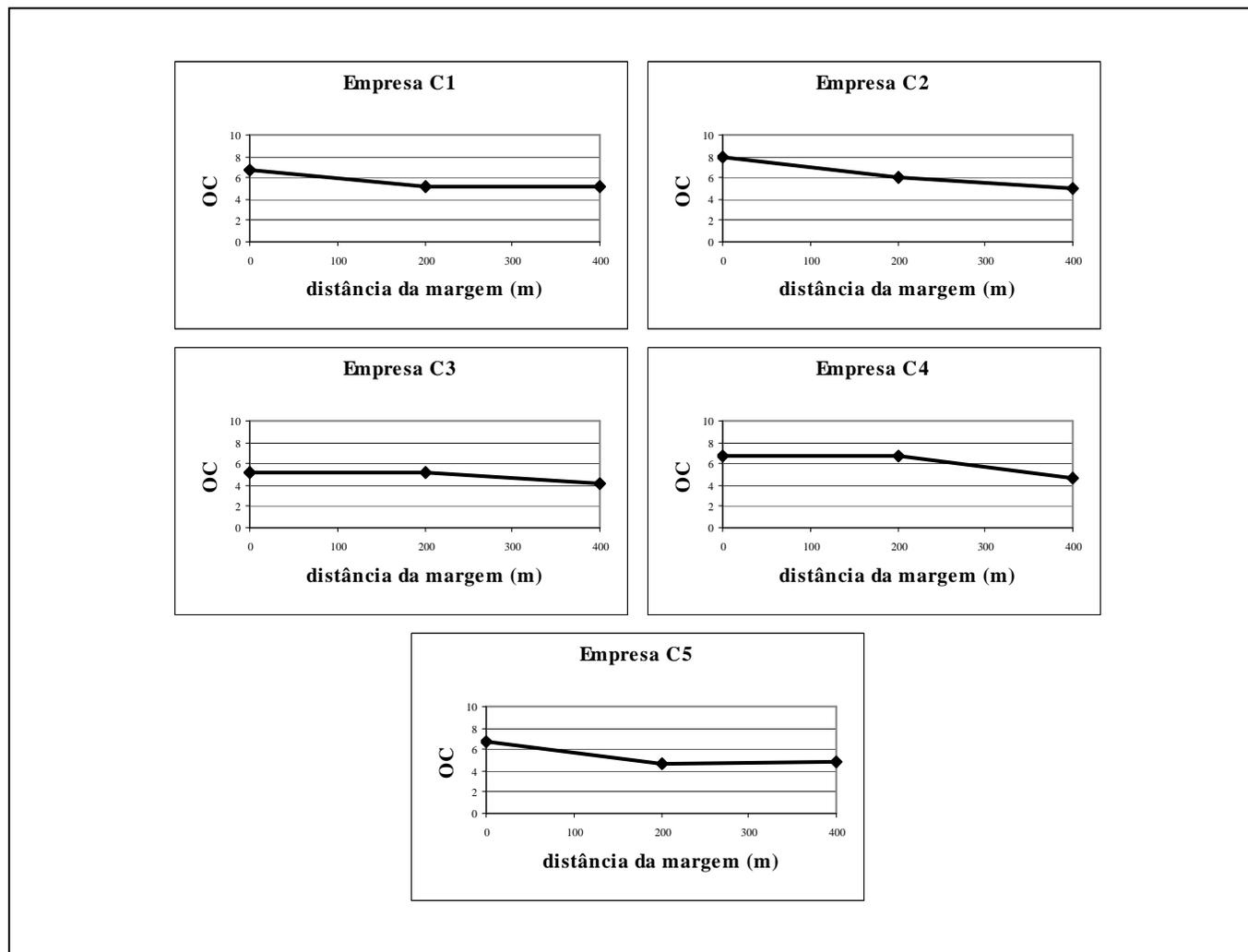


Figura 9.2. Gráficos com os valores de OC em dezembro de 2005

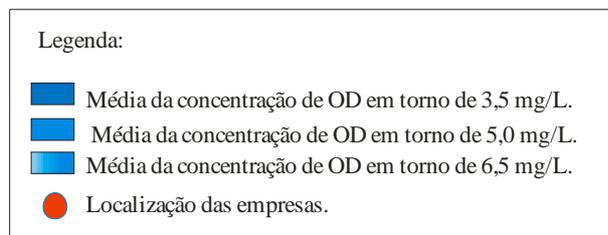
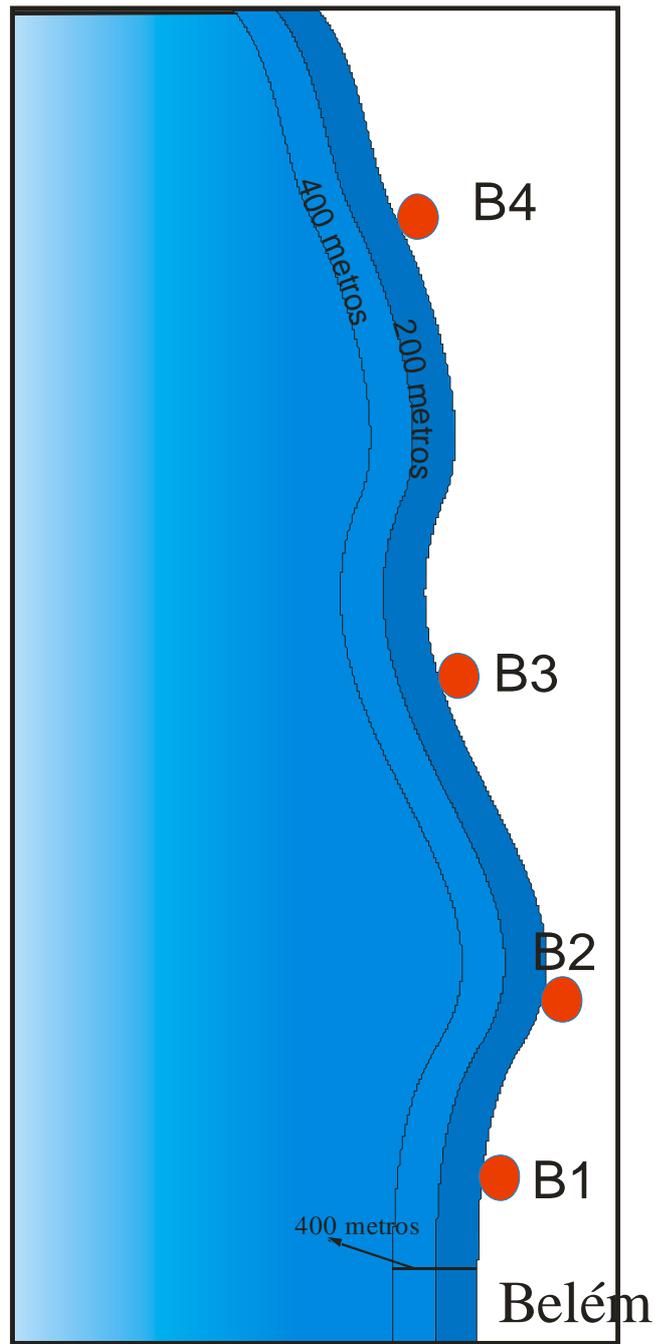


Figura 10: Distribuição da concentração de OD nas águas superficiais da baía do Guajara em novembro de 2005.

7.7. CO₂ LIVRE

O CO₂ presente no meio ambiente aquático pode ter várias origens, sendo que as principais são atmosfera, chuvas, águas subterrâneas, decomposição e respiração de organismos (Esteves, 1988), sendo freqüentemente retirado do meio aquoso pela fotossíntese (Schafer, 1985).

O CO₂ da água geralmente está combinado com outros compostos, a própria molécula da água é um dos compostos que mais facilmente reage com o CO₂ (Esteves, 1988). Desta forma é que no meio aquoso grande parte do CO₂ permanece livre em solução e uma parcela reage com a água formando HCO³⁻, CO₃²⁻ e H⁺, os quais juntamente com o próprio CO₂ livre compõe um sistema em equilíbrio. As reações envolvendo esse sistema controlam o pH da maioria das águas (Drever, 1982).

Para efeito de comparação, considerando-se apenas as medidas realizadas nas amostras coletadas a 200 metros da margem das empresas, as maiores concentrações de CO₂ foram referentes a maio, com média de 36,10 mg/L, mês com o maior índice pluviométrico das campanhas que foram realizadas, o que pode ser explicado pelo fato das chuvas aumentarem a taxa de matéria orgânica no interior da baía. Os meses de novembro e dezembro, referentes ao fim e início das chuvas, tiveram médias de CO₂ muito próximas, 26,14 e 27,24 mg/L respectivamente.

No que se refere aos perfis transversais à baía, medidos da margem (0 metros) para o interior da baía, em geral ou as concentrações de CO₂ permaneceram relativamente constantes, com pequenas variações, ou sofreram uma leve diminuição com o afastamento do esgoto das empresas. Não há diferenças bruscas nos valores encontrados a 0 e os encontrados a 200 ou 400 metros da margem da baía.

7.8. NITRATO

O nitrato é a principal forma de nitrogênio configurado encontrado nas águas e é produzido no sistema aquático pelo processo de nitrificação partir da matéria orgânica nitrogenada.

As águas naturais geralmente contêm nitratos em solução, principalmente tratando-se de águas que recebem esgotos. A presença de nitrato pode indicar poluição recente, uma vez que essas substâncias são oxidadas rapidamente na água, graças principalmente à presença de bactérias nitrificantes. Na baía do Guajará, além das fontes naturais, fluxo fluvial e o manguezal, também há a fonte antropogênica de nitrato que são os esgotos domésticos e industriais.

Em maio as concentrações estiveram entre 0,2 e 0,8 mg/L, em novembro entre 0,4 e 0,7 mg/L e em dezembro entre 0,6 e 1 mg/L. Porém, o mês de dezembro, início do período chuvoso, apresentou a média de concentração de nitrato mais alta que foi 0,77 mg/L.

Nos perfis realizados, sentido margem das empresas (0 metros) para o interior da baía, as concentrações em geral diminuem ou permanecem as mesmas, em outras situações há um aumento das concentrações em torno de 50 ou 100 metros, voltando novamente a baixar a 400 metros. Portanto, pode-se dizer que há uma tendência da concentração de nitrogênio aumentar a medida que se aproxima dos pontos mais sujeitos a influência antropogênica, uma vez que os aumentos em torno dos 100 metros pode estar relacionado ao fato de algumas empresas lançarem seus esgotos não a margem, 0 metros, mas através de tubulações submersas que finalizam justamente em torno dessa distância, 50 a 100 metros, mostrando que a baía consegue diluir consideravelmente o nitrato presente no esgoto das empresas em torno de 400 metros. Também foi observada uma diminuição nos valores deste parâmetro no sentido da montante para jusante (figura 11).

7.9. FÓSFORO TOTAL

A importância do fósforo deve-se a participação deste elemento em processos fundamentais do metabolismo dos seres vivos, tais como: armazenamento de energia e estruturação da membrana celular. O fósforo total reúne as formas particuladas e dissolvidas e cada uma destas as espécies inorgânicas e orgânicas, e toda a forma de fósforo presente em águas naturais, quer na forma iônica, quer na forma complexada, encontra-se na forma de fosfato. O fosfato presente em ecossistemas aquáticos continentais tem origem de fontes naturais e artificiais. Dentre as fontes naturais, as rochas da bacia de drenagem constituem a fonte básica de fosfato para ecossistemas aquáticos continentais. As fontes artificiais de fosfato mais importantes são: esgotos domésticos e industriais, fertilizantes agrícolas e material particulado de origem industrial contido na atmosfera (Esteves, 1988). Segundo Branco (1986), esgotos domésticos e despejos industriais podem contribuir para o aumento e concentração de fósforo na água, principalmente considerando a crescente utilização de certos tipos de detergentes contendo polifosfatos.

Neste estudo há uma diferença muito clara entre as concentrações de fósforo total obtidas na estiagem, novembro, e as obtidas no período chuvoso, maio. As maiores concentrações ocorrem em maio, com variações entre 0,05 e 0,21 mg/L, devido a contribuição fluvial e dos terrenos adjacentes, e as menores em novembro, entre 0,08 e 0,01 mg/L. As concentrações de fósforo total voltam a aumentar no início do período chuvoso, com valores

entre 0,02 e 0,19 mg/L, o que é bem lógico, uma vez que o aporte fluvial volta a aumentar e que as chuvas tornam a lavar os terrenos. No entanto a presença de fósforo na baía não se deve apenas as fontes naturais, mas também lançamento de esgotos nas águas da baía, incluindo-se os esgotos industriais, já que os valores deste parâmetro tendem a diminuir da margem das empresas em direção ao interior da baía. O brusco aumento dos valores de fósforo total em torno de 100 metros da margem das empresas, observado na primeira campanha, mês de maio, também é um indício da influência antropogênica nos resultados obtidos, pelo fato de ser justamente nessa distância que algumas empresas lançam seus esgotos através de tubulações submersas (figura 12).

7.10. SULFATO

As fontes de enxofre para o meio aquático são: decomposição de rocha, chuvas e agricultura, através da aplicação de adubos contendo enxofre. A distribuição do íon sulfato é fortemente influenciada pela formação geológica da bacia de drenagem do sistema. Portanto, ecossistemas localizados próximos ao mar ou em regiões de rochas ricas em sulfato apresentarão concentrações maiores desse elemento.

O sulfato, SO_4^{2-} , é uma das formas mais frequentes de enxofre presente em ecossistemas aquáticos e de fundamental importância para produtividade do ecossistema por constituir a principal fonte de enxofre para produtores primários (Esteves, 1988). Em águas superficiais o íon sulfato pode atingir 1000 ppm e em águas do mar 30 000 ppm (Mathess, 1973). Cordeiro (1987), ao analisar as águas da baía encontrou concentrações entre 1,8 e 502 ppm.

O sulfato só foi medido nos meses de novembro, durante o fim do período de estiagem, e dezembro, quando as chuvas começaram. As concentrações obtidas em novembro estiveram entre 11 e 140 mg/L, e em dezembro entre 18 e 36 mg/L. Não foram identificadas tendências transversais ou longitudinais nas concentrações de sulfato na baía (figura 13). Assim como não é possível identificar a influência do esgoto de empresas nas concentrações encontradas para este nutriente. Portanto, muito provavelmente os valores de sulfato presentes na baía não foram provenientes do lançamento do esgoto das indústrias instaladas às suas margens.

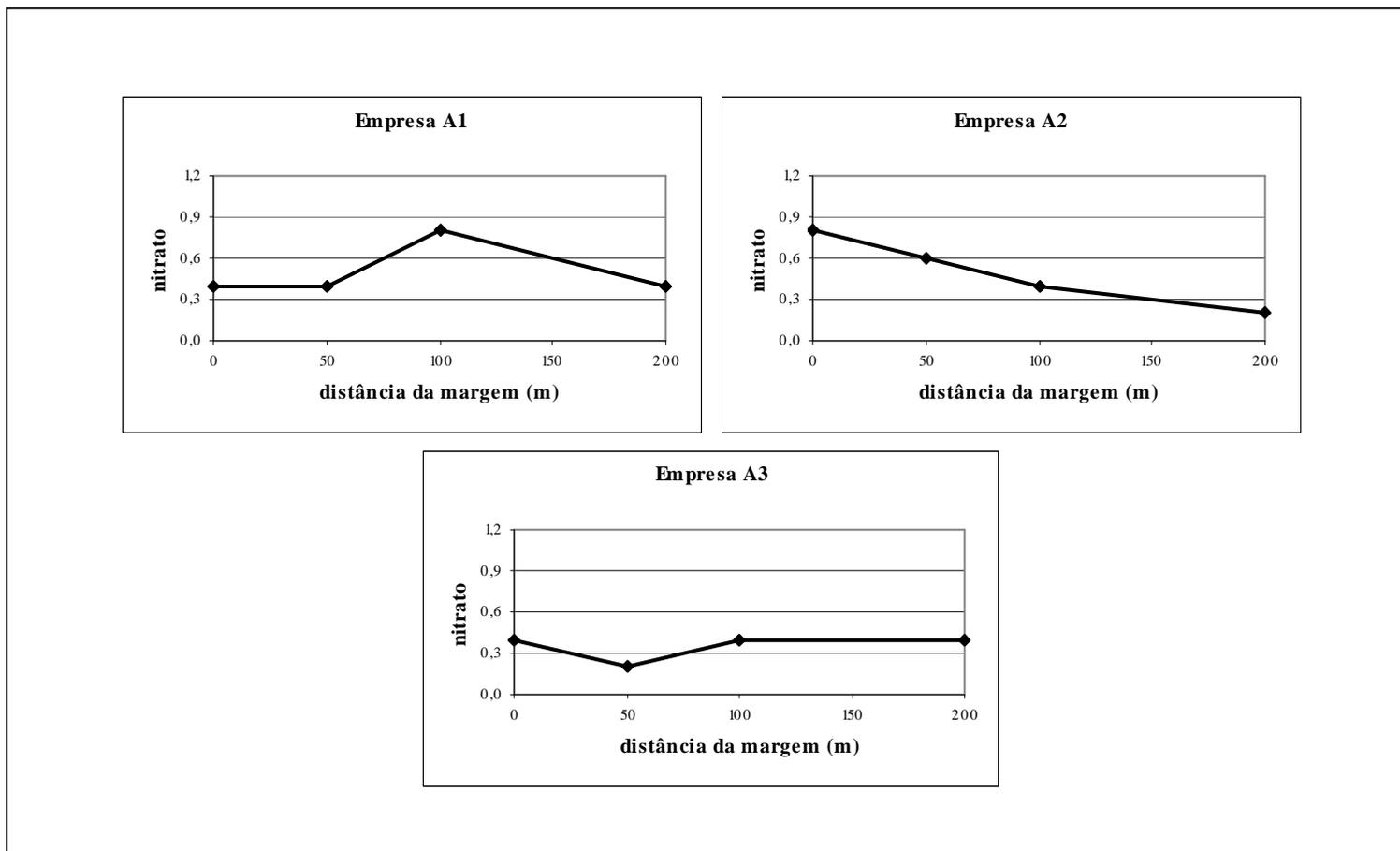


Figura 11.0. Gráficos com os valores de nitrato em maio de 2005

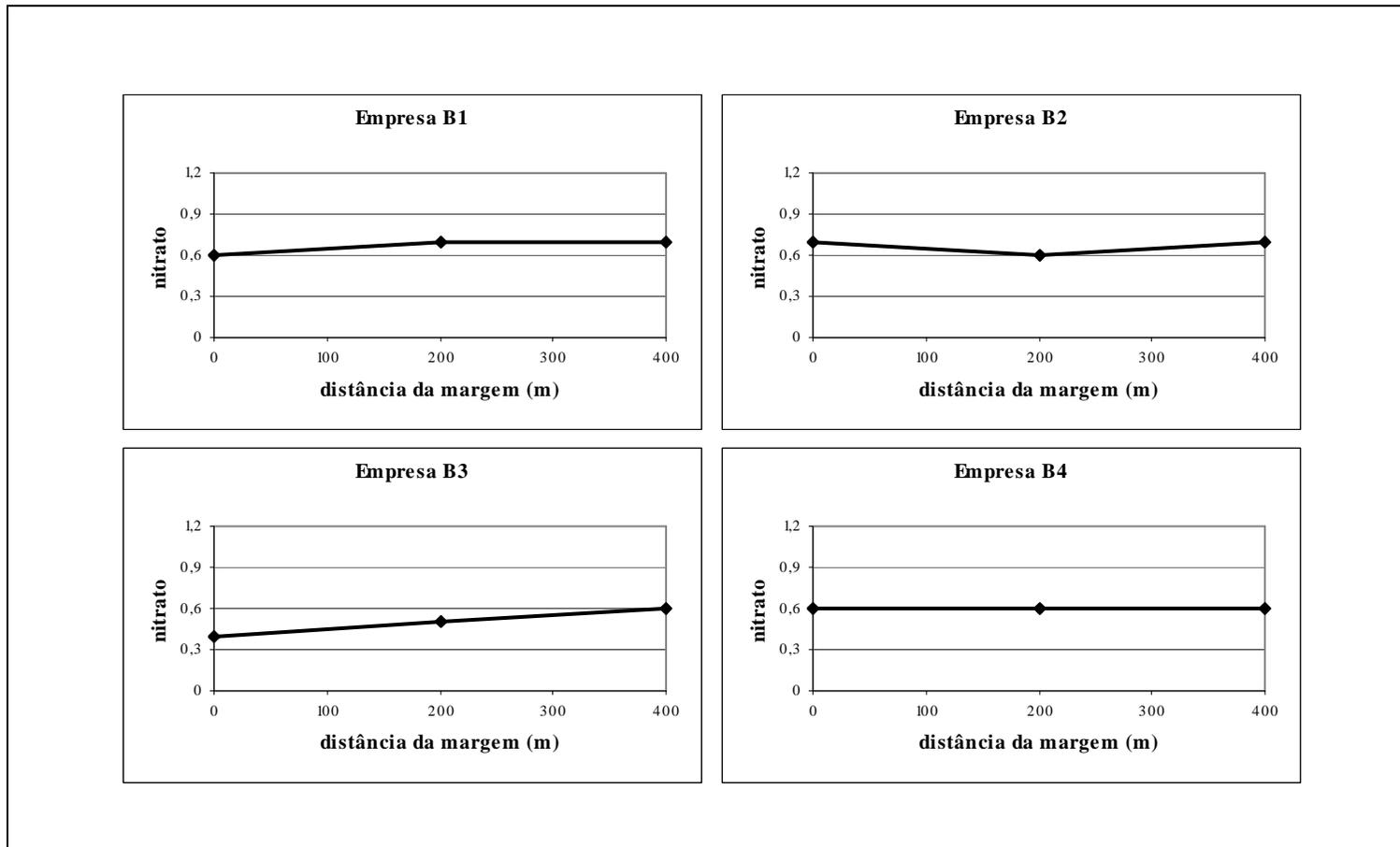


Figura 11.1. Gráficos com os valores de nitrato em novembro de 2005

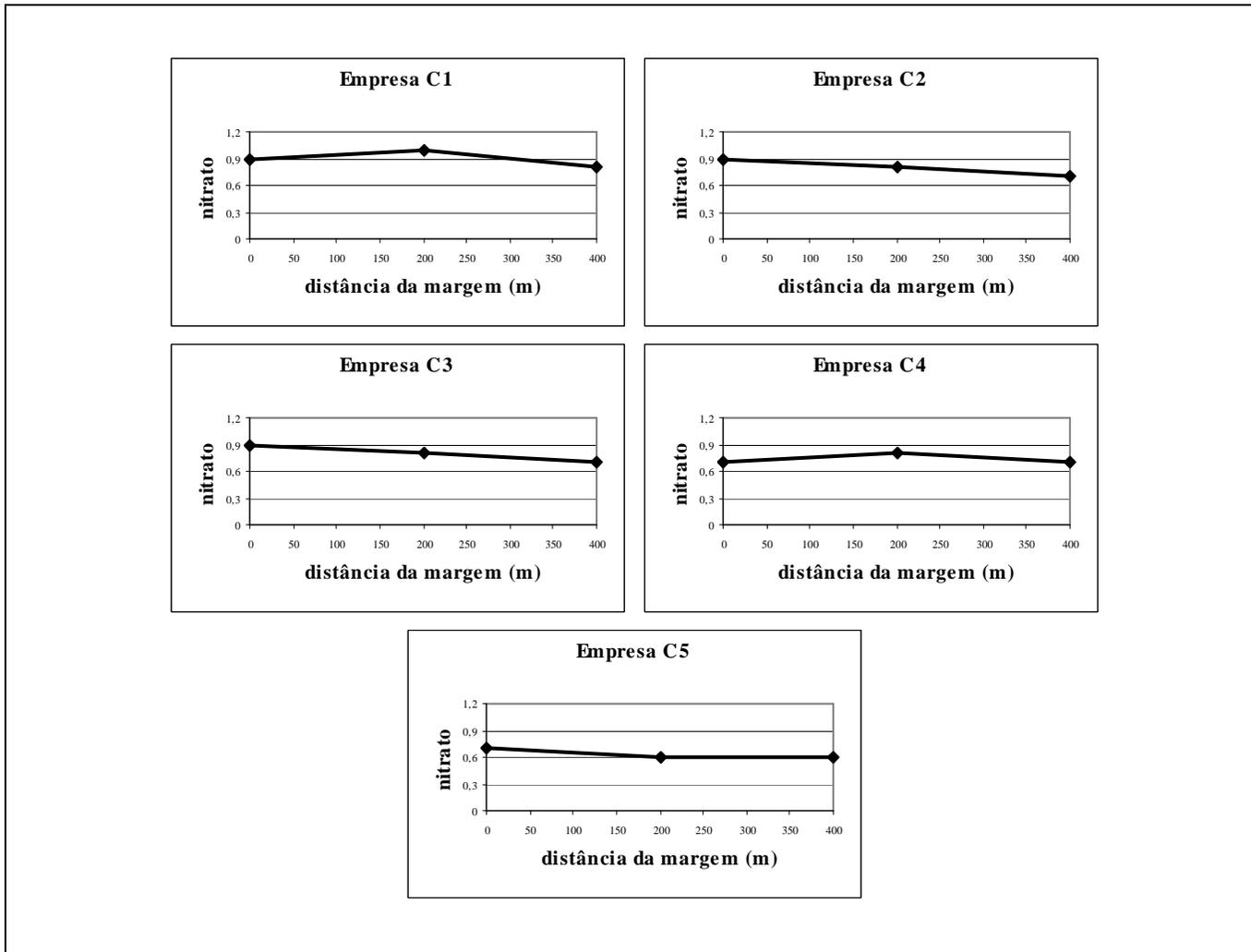


Figura 11.2. Gráficos com os valores de nitrato em dezembro de 2005

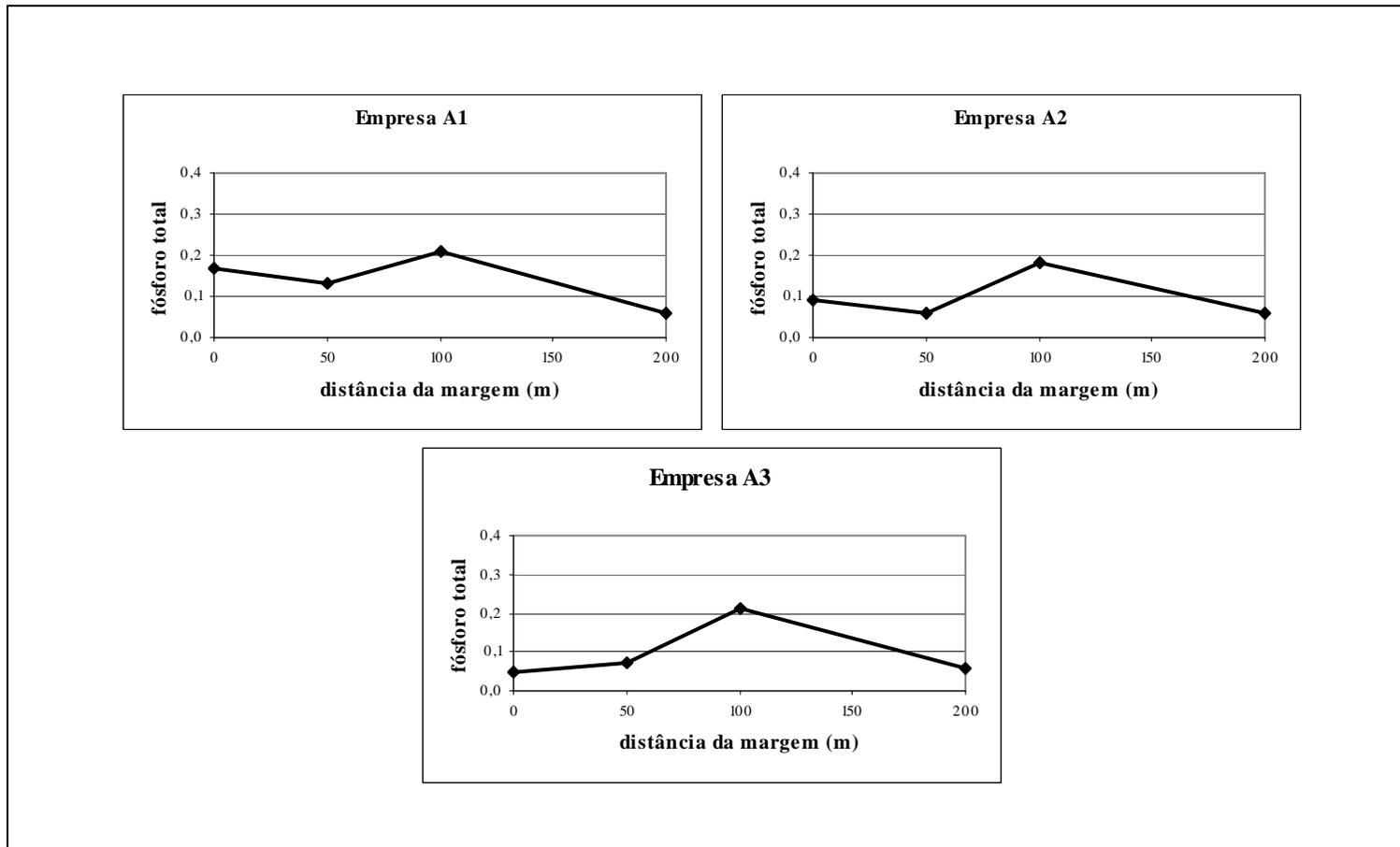


Figura 12.0. Gráficos com os valores de fósforo total em maio de 2005

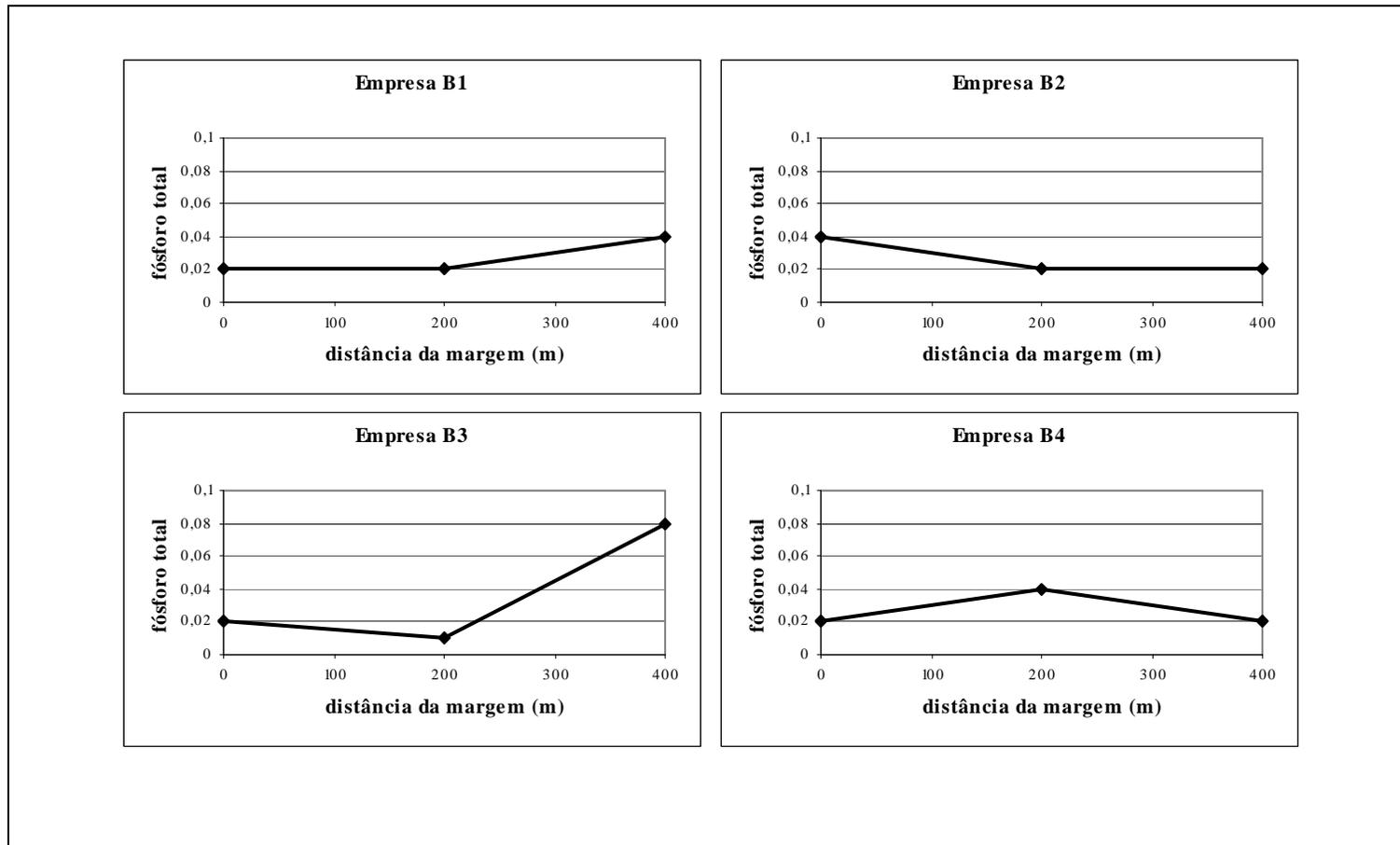


Figura 12.1. Gráficos com os valores de fósforo total em novembro de 2005

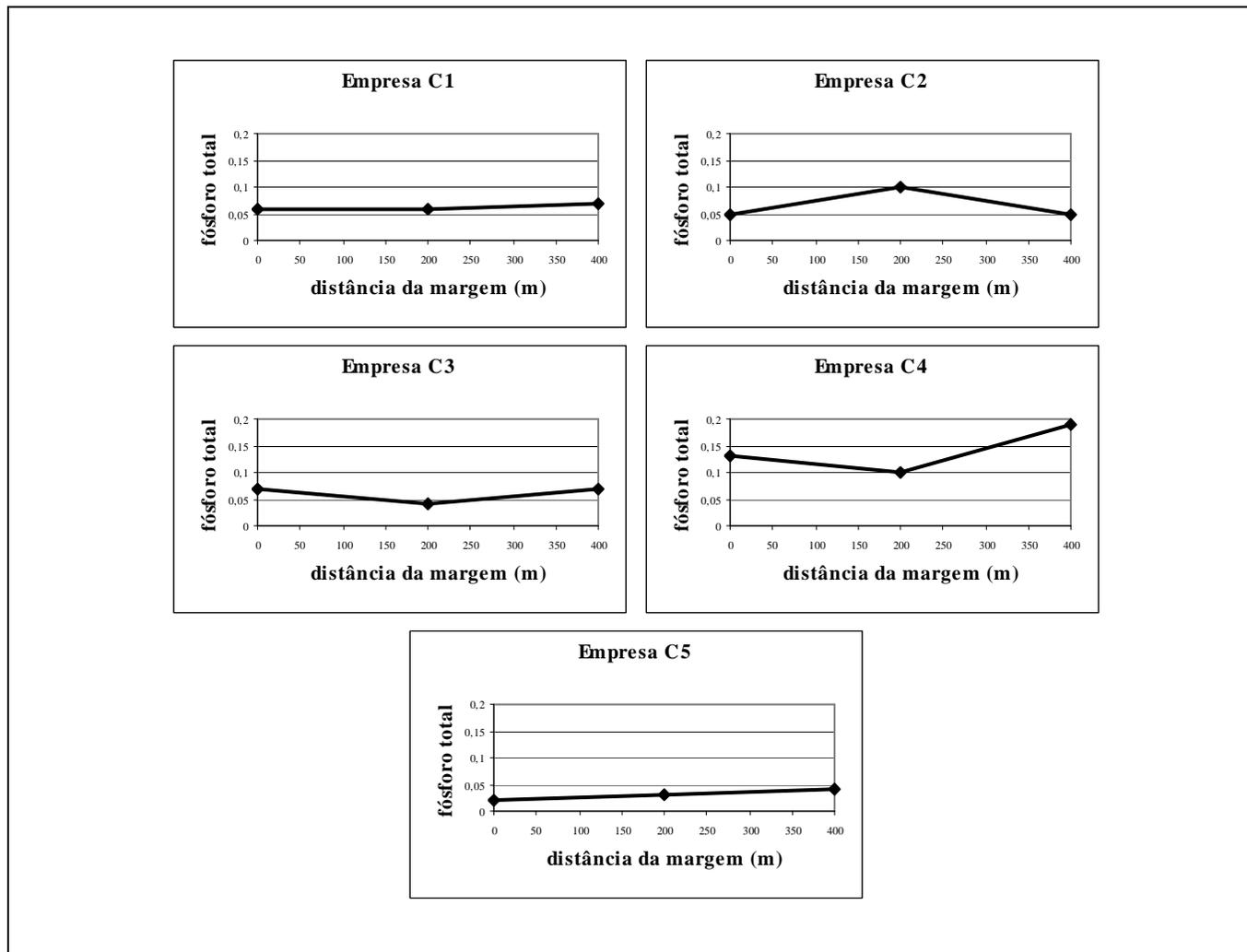


Figura 12.2. Gráficos com os valores de fósforo total em dezembro de 2005

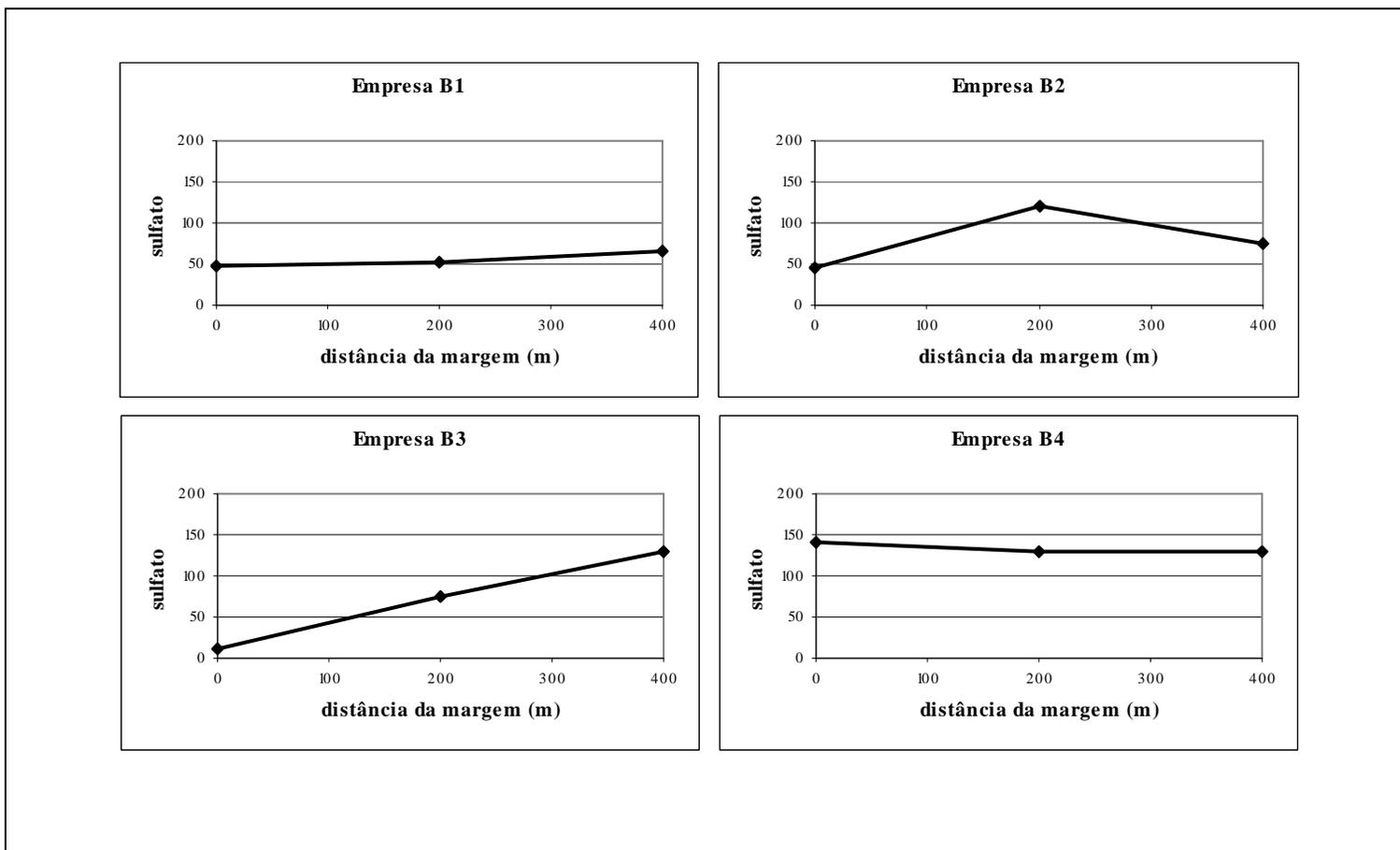


Figura 13.0. Gráficos com os valores de sulfato em novembro de 2005

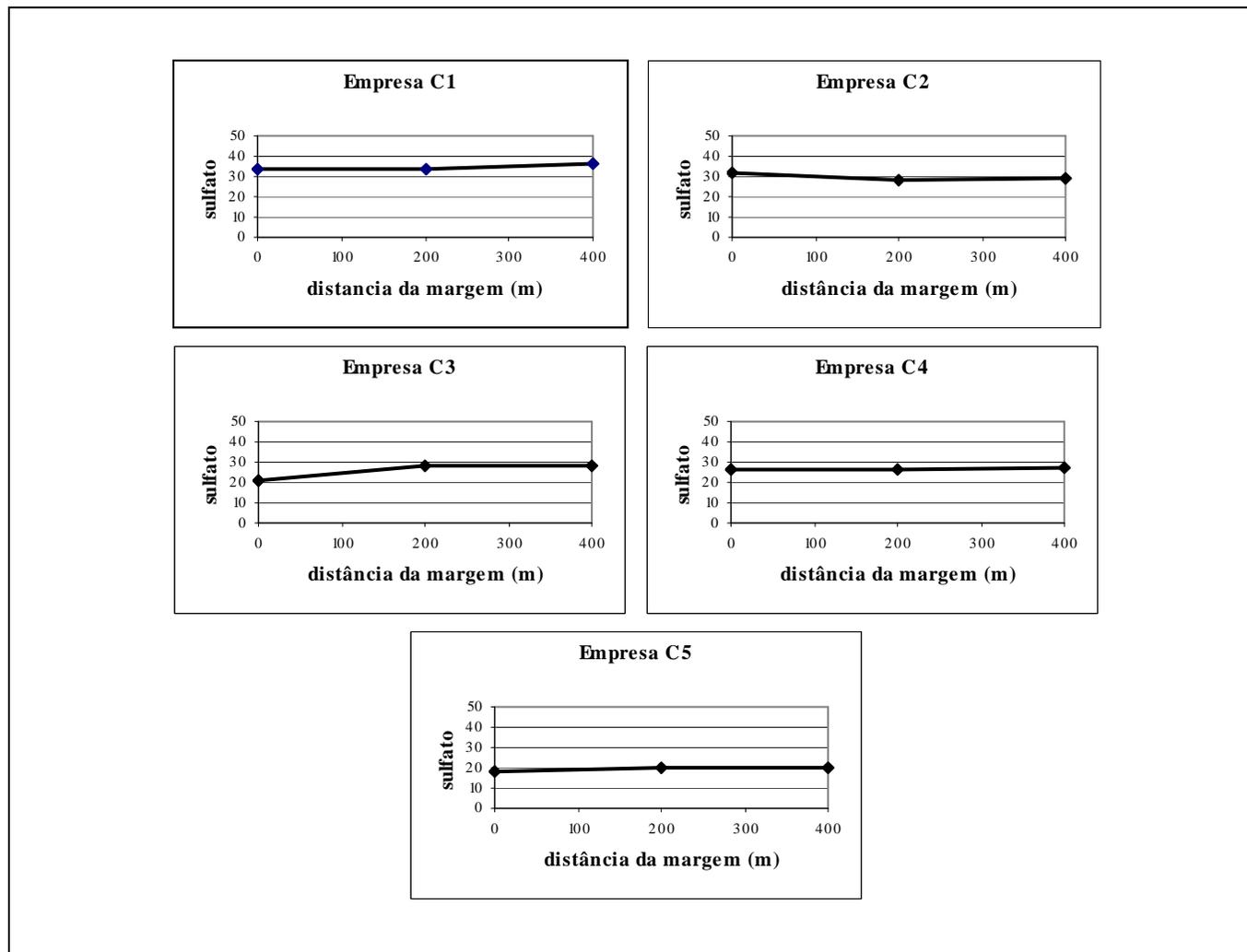


Figura 13.1. Gráficos com os valores de sulfato em dezembro de 2005.

7.11. ALCALINIDADE

A alcalinidade representa a capacidade que um sistema aquoso tem de neutralizar, tamponar, ácidos a ele adicionados. Esta capacidade depende de alguns compostos, principalmente bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos (Esteves, 1988)

As águas da baía do Guajará, cujo pH está em torno de 6,5, a alcalinidade é determinada pelo íon bicarbonato. A distribuição da concentração de HCO_3^- , reflete-se mais em função das descargas dos rios do que da influência das águas oceânicas. Cordeiro (1987), analisou a concentração do íon HCO_3^- , obtendo os valores máximos na época de estiagem, 14,87 e 35,00 ppm em Belém e Icoaraci, respectivamente. A alcalinidade mostrada dos gráficos da figura 12, atingiu os maiores valores em novembro, no final da estiagem, com média de 14,25 e os menores valores em maio, fim do período chuvoso, média de 10,83, o que segundo McNeely et al. 1979, pode ser explicado pelo fato da concentração do carbono inorgânico total em águas superficiais ser normalmente maior durante períodos de baixa descarga fluvial, devido a maior influência de águas subterrâneas e do escoamento superficial mais intenso. Em todas as campanhas, maio, novembro e dezembro, a alcalinidade apresentou uma tendência no aumento dos seus valores no sentido de montante para jusante.

7.12. CÁTIONS PRINCIPAIS

Os íons cálcio, magnésio, sódio e potássio têm um papel fundamental na produtividade global dos ecossistemas aquáticos, pois fazem parte de importantes processos fisiológicos de suas comunidades. Entre as principais funções do sódio e potássio está a troca e o transporte de outros íons para os meios intra e extra celulares, no entanto esses íons dificilmente atuam como fatores limitantes.

O sódio dificilmente precipita devido sua alta solubilidade, e suas concentrações em águas doces variam de 1 a 150 ppm e em águas do mar em torno de 10 000 ppm (McNeely et al. 1979). Cordeiro (1987) encontrou a concentração máxima para o íon sódio de 10 ppm em Belém 195 ppm em Icoaraci. A autora não encontrou mudanças sazonais significativas nos valores medidos em Belém e Icoaraci, com os máximos foram obtidos durante a estiagem.

O mês de maio, final do período chuvoso, registrou os menores valores para esse íon, com valores entre 2,6 e 3 mg/L. Nessa campanha, um único ponto, localizado próximo ao esgoto da empresa denominada A3, apresentou valor alto, 14 mg/L (tabela 5), porém logo a 50 metros a concentração desse íon voltou a normalizar com 2,8 mg/L. Em dezembro os valores estiveram entre 76 e 155 mg/L. As maiores concentrações foram registradas em

novembro, fim do período de estiagem, entre 207 e 453 mg/L. Através desse estudo também foi possível observar que esse íon tende a aumentar no sentido montante para jusante.

Segundo Drever (1982), o íon potássio, por sua alta solubilidade, dificilmente precipita. Na água do mar as concentrações desse íon giram em torno de 400 ppm, sendo geralmente inferiores a 10 ppm e em águas doces Matthes (1973). Cordeiro (1987), em estudo feito na baía do Guajará obteve concentrações entre 0,55 e 85 ppm.

Neste estudo os valores mais altos de potássio foram obtidos na estiagem, mês de novembro, entre 7 e 16 mg/L, e os menores em maio, fim do período chuvoso, 1 mg/L para todos os pontos. Há uma leve tendência ao aumento das concentrações deste íon com a aproximação da influência oceânica.

O cálcio é essencial no crescimento das algas, macrófitas aquáticas e muitos animais, em especial moluscos. Além de influenciar a ciclagem de outros elementos importantes como o fosfato, o cálcio interfere em um dos fatores mais importantes do meio aquático que é o pH.

Ao variar o pH do meio ou a pressão parcial de oxigênio, o cálcio dissolve ou precipita com facilidade (Sayles e Mangelsdorf, 1979). Segundo McNeely et al., (1979), a média desse íon para águas marinhas é de 400 ppm, chegando até 250 ppm nas demais águas superficiais. Cordeiro (1987) obteve valores máximos durante a estiagem.

O cálcio é um íon que sofre grandes variações sazonais. Neste estudo os maiores valores foram obtidos durante a estiagem, em novembro, quando as chuvas ainda não haviam começado, com concentrações entre 9 e 18 mg/L, e os menores valores em maio, durante o período chuvoso, entre 0,9 e 2 mg/L.

A maior importância do magnésio se deve a sua participação na formação da molécula de clorofila. Além disso, toma parte de inúmeros processos metabólicos na célula, como por exemplo no metabolismo do nitrogênio. Em geral, as concentrações de magnésio no meio são superiores às requeridas pelos vegetais aquáticos.

Segundo Custodio e Llamas (1976), as concentrações de magnésio na água do mar é próximo de 120 ppm e nas demais águas superficiais chega a 100 ppm. Cordeiro (1987), em estudo realizado no estuário guajarinense obteve máximos para este íon de 580 ppm durante a estiagem, e considera que grande parte do Mg dissolvido é acrescido provavelmente à massa de água fluvial pelas águas oceânicas durante a estiagem.

As maiores concentrações de magnésio obtidas para este estudo são referentes ao mês de novembro, período de estiagem, com concentrações entre 23 e 48 mg/L, e as menores em maio, com valores entre 0,6 e 1 mg/L, o que demonstra a relação deste íon com a variação sazonal. Também é possível observar a tendência ao aumento desse íon no sentido da

montante para a jusante do estuário, onde a influência das águas oceânicas é maior. À semelhança do sódio, em maio, um único ponto, localizado próximo ao esgoto da empresa denominada A3, apresentou valor alto em relação aos outros valores do perfil, 1 mg/L (ver tabela 5), porém logo após, a 50 metros, a concentração desse íon torna a normalizar (em torno de 0,6 mg/L), indicando ser uma anomalia causada pelo esgoto da empresa em questão.

8. CONCLUSÃO

Todos os valores encontrados para o pH estiveram entre 5,74 e 7,39. Porém, na campanha realizada durante o mês de maio, período chuvoso todos os perfis de pH apresentaram linhas de tendência muito parecidas, com o aumento da acidez ocorrendo sempre a 50 metros de distância da margem da baía, o que deixa claro a interferência dos esgotos industriais nos resultados, uma vez que determinadas empresas lançam seus efluentes através de tubulações submersas que finalizam em torno de 50 a 100m de distância da margem da baía.

Durante todas as amostragens os valores de condutividade elétrica aumentam com a aproximação da influência marinha, com valores entre 21 e 112 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em maio, período chuvoso, 736 e 1608 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em novembro e 686 e 1319 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em dezembro, correspondentes ao fim da estiagem e início das chuvas respectivamente. Foi registrada uma anomalia em relação aos outros valores medidos durante a campanha do mês de maio para a condutividade em um único ponto, que corresponde a empresa aqui denominada A3, com um valor de 112 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Porém, de uma forma geral, os valores de condutividade não sofrem influências significativas do esgoto das empresas.

As medidas de material particulado em suspensão, turbidez e cor demonstraram as mesmas tendências, com as maiores taxas registradas no período chuvoso, devido a relação de todos eles com a precipitação pluviométrica, uma vez que a água das chuvas é responsável por grande parte do transporte de material sólido e dissolvido que chega ao interior da baía.

As taxas de oxigênio dissolvido foram muito baixas, em torno de 3 mg/L, para as águas coletadas nas proximidades das empresas, mostrando uma clara influência do esgoto industrial nos resultados. O oxigênio consumido teve um comportamento exatamente oposto ao do OD, com os maiores valores próximo às margens da baía e com a diminuição gradativa desses valores a medida que os pontos de coleta de água se afastavam das empresas. As concentrações mais baixas de OD e mais altas de OC são do período chuvoso, já que as chuvas levam grandes quantidades de matéria orgânica para dentro do estuário.

No que se refere aos valores de nitrato e fósforo total, esses nutrientes demonstram não serem provenientes apenas de fontes naturais, mas também do lançamento de esgotos, incluindo os industriais, já que as taxas desses nutrientes tendem a estabilizar em torno de 400 metros, da margem em direção ao interior da baía, quando a influência dos esgotos das empresas é menor.

A baía do Guajará, devido a sua intensa hidrodinâmica, demonstra uma grande capacidade em diluir o material lançado pelas indústrias instaladas às suas margens, o que

pode ser comprovado pelo fato de todos os parâmetros analisados neste estudo atingirem os valores comuns para a baía, no máximo, 400 metros do esgoto das empresas. Porém, a urbanização na orla de Belém, principalmente no trecho em questão, cresce de forma rápida e desorganizada e, por isso é necessário acompanhar periodicamente o comportamento da baía frente ao lançamento de todas as formas de esgoto para que futuramente eles não interfiram de maneira radical nos organismos presentes na baía, uma vez que a industrialização nessa região continua crescendo de forma rápida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRANCO, S. M. 1986. *Hidrobiologia aplicada a engenharia sanitária*. São Paulo, CETESB. 620p. 2^o ed.
- BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. 1982. *Carta Topográfica de Belém*. Brasília.
- CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>> Acesso em 20 de abril de 2005.
- CHESTER, R.. 1993. *Marine Geochemistry*. London, Unwin Hyman. 698f.
- CODEM. 1975. *Plano de Desenvolvimento da Grande Belém: metodologia, estudos básicos, prognósticos, desenvolvimento e sistemas*. Belém. v. 1, tomos 1 e 2.
- CORDEIRO, C. A. 1987. *Estudo da salinização no estuário do rio Pará no trecho Belém – Mosqueiro*. Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 109f. (Dissertação de Mestrado)
- COSANPA. 1987. *Plano Diretor de Sistema de Esgoto Sanitário da Região Metropolitana de Belém*. V.1. Manual Descritivo.
- CUSTÓDIO, E.; LLAMAS, M. R.. 1976. *Hidrologia Subterrânea*. Barcelona, Ediciones Omega. v. 1.
- DREVER, J. I. 1982. *The Geochemistry of Natural Waters*. London, Prentice – Hall. 388p.
- EGLER, W. A.; SCHWASSAMNN, H. O.. 1962. Liminological studies in the Amazon estuary. *Bol. Mus. Paraense Emílio Goeldi*, (1):55
- ESTEVES, F. A. 1988. *Fundamentos de Limnoquímica*. Rio de Janeiro, Interciência. 575p.
- FAIRBRIDGE, R. W., 1980. The Estuary: its Identification and Geodynamic Cycle. In: OLAUSSON, E. & CATO, I (Ed.). *Chemistry and Biochemistry of Estuaries*. N. York, Wiley. p. 1-36.
- GASPAR, M. T. P. 2001. *Avaliação dos impactos da ocupação urbana sobre as águas da bacia hidrográfica do igarapé Mata Fome, Belém – Pará*. Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 112p. (Dissertação de Mestrado)
- GIBBS, R. J. 1967. Geochemistry of Amazon river system, Part I. The factors that control the salinity and lids. *Geological Society of American Bulletin*, 78: 1203-1232.
- HEM, J. D. 1970. *Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water*. Washington, United State Government Printing Office. 363p.
- IDESP. 1990. *Belém: Um Estudo Ambiental do Estuário Guajarino*. 154p. (Relatório de Pesquisa, 17).

- IDESP. 1991. Zoneamento Ecológico – Econômico do Estado do Pará. Estudos Paraenses, N. 58. vol.1.
- LIMA, R. 1956. *A Agricultura da Várzea do Estuário do Amazonas*. 19p. (IAN – Boletim Técnico, n.º. 33)
- LIMA, W. N.; MENEZES, L. B. C.; BRAS, V. N., 1983. Estudo hidroquímico-bacteriológico de águas de abastecimento público em zonas urbanas de Belém (Pa) – jurunas e sacramenta. In: ENCONTRO DE PROFISSIONAIS DA QUÍMICA DA AMAZÔNIA, Belém, 1983. *Atas*, Belém, CRQ. 97-125.
- MATHESS, G. 1973. *Die Beschaffenheit dês Grungwasseis*. Berlim, Stutlgart, Borntraeges. 253p.
- MAZZEO, T. E. 1991. *Avaliação ambiental das vias de drenagem da região metropolitana de Belém (PA) quanto à distribuição dos elementos Ca, Cd, Cr, Cu, Fé, Hg, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb e Zn*. Belém, UFPA. 141p. (Dissertação de Mestrado)
- Mc NEELY; NEIMANIS, V. P.; DWYER, L. 1979. *Water Quality Soucerbook*. A Guide to Water Quality Parameters. Ottawa, Inland Water Directorate, Water Quality Branch. 89p.
- MORALES, G. P. 2002. *Avaliação ambiental dos recursos hídricos, solos e sedimentos na área de abrangência do depósito de resíduos sólidos do Aura – Belém - Pará*. Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 240p. (Tese de Doutorado)
- PEREIRA, K. R. B. 2001. *Caracterização Geoquímica de Sedimentos de Fundo da Orla de Belém – Pará*. Belém, Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências. 91p. (Dissertação de Mestrado)
- PINHEIRO, R. V. L. 1987. *Estudo hidrodinâmico e sedimentológico do estuário Guajará – Belém (PA)*. Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 163p. (Dissertação de Mestrado)
- RIBEIRO, H. M. C. 1992. *Avaliação atual da qualidade das águas dos lagos Bolonha e Água Preta, situados na área fisiográfica do Utinga (Belém – PA)*. Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 205p. (Dissertação de Mestrado)
- RIBEIRO, K. T. S. 2002. *Qualidade sanitária da água em área de influência de duas bacias hidrográficas e saúde humana em Belém – Pará*. Belém, Universidade Federal do Pará. Núcleo de Altos Estudos Amazônicos. 280p. (Tese de Doutorado)
- SANTOS, I. C. 2001. *Caracterização hidroquímica do rio Murubira, Mosqueiro – Pará*. Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 149p. (Dissertação de Mestrado)

- SANTOS, M. T. P. 1997. *Avaliação Ambiental da Matéria Orgânica Degradada nos Canais de Drenagem na Região Metropolitana de Belém (Pará)*. Belém, Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências. 118p. (Dissertação de Mestrado)
- SAYLES, F. L.; MANGELSDORF, P. C. 1979. Cation-exchange characteristics of Amazon River suspended sediment and its reaction with seawater. *Geochim. Acta* 43: 767-769.
- SCHAFER, A. 1985. *Fundamentos da ecologia e biogeografia das águas continentais*. Porto Alegre, UFRGS. 533p.
- SECTAM. Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. 2006. Disponível em: <http://www.para30graus.pa.gov.br/precipitacoes_mensal.htm> Acesso em 01 de abril de 2006.
- SIOLI, H. 1951. Sobre a sedimentação na várzea do baixo-Amazonas. Belém. *Bol. Instituto Agrônomo do Norte*, (24):70
- STANDARD METHODS. 1979. *For examination of water and wastewater*. Washington, Am. Public Health Ass. 1193p.
- SUDAM. 1984. *Atlas climatológico da Amazônia brasileira: Projeto hidrologia e climatologia da Amazônia*. Belém. 125p

ANEXOS

Tabela 1.0. Parâmetros medidos em maio de 2005.

empresas	distancia da margem (m)	pH (25^oC)	condutividade (µS/cm)	cor verdadeira	turbidez (NTU)	mps	alcalinidade (mg/l CaCo₃)
A1	0	6,02	26,8	83	57,3	35,0	12
	50	5,95	36	71	56,1	39,0	12
	100	6,07	35,8	83	54,0	39,33	12
	200	6,14	21	98	59,2	41	10
A2	0	5,83	32,5	72	53,9	43,66	11
	50	5,77	30,9	94	55,0	39,33	9,5
	100	5,9	30,04	90	55,1	37	10
	200	5,9	31,2	105	56,8	28,66	10
A3	0	6,07	112	72	52,5	39,33	12
	50	5,74	32,8	74	52,3	38,66	9
	100	5,86	29,7	75	51,4	40,33	10
	200	5,85	27,6	98	51,8	38,66	12

Tabela 1.1. Parâmetros medidos em novembro de 2005.

empresas	distancia da margem (m)	pH (25°C)	condutividade (µS/cm)	cor verdadeira	turbidez (NTU)	mps	alcalinidade (mg/l CaCO₃)
B1	0	6,94	736	8	25	23,00	11
	200	7,05	825	14	24	22,66	10
	400	6,75	1092	11	31	14,66	12
B2	0	6,94	1117	14	23	28,33	15
	200	7,00	1466	10	24	14,66	16
	400	7,03	1568	13	36	41,00	13
B3	0	7,09	953	13	17	17,66	11
	200	7,13	842	9	15	17,33	17
	400	7,13	1608	10	16	18,33	16
B4	0	7,22	1030	12	18	20,33	17
	200	7,39	966	10	15	15,33	16
	400	7,11	957	11	15	19,66	17

Tabela 1.2. Parâmetros medidos em dezembro de 2005.

empresas	distancia da margem (m)	pH (25°C)	condutividade (µS/cm)	cor verdadeira	turbidez (NTU)	mps	alcalinidade (mg/l CaCo₃)
C1	0	6,77	1319	32	37	49,33	16
	200	6,56	1241	32	30	37,00	16
	400	6,77	1277	37	31	32,66	16
C2	0	6,69	1228	32	41	41	15
	200	6,75	1179	38	44	38,66	15
	400	6,72	1179	35	37	39,33	15
C3	0	6,74	846	45	38	35,33	11
	200	6,80	1113	42	43	36,33	15
	400	6,74	1094	34	39	37,33	12
C4	0	6,65	1019	40	45	40,33	15
	200	6,68	1116	35	59	73,33	14
	400	6,74	1132	34	28	69,33	13
C5	0	6,56	686	44	52	57,33	12
	200	6,54	704	47	47	56	12
	400	6,56	743	50	47	52,33	11

Tabela 2.0. Parâmetros medidos em maio de 2005.

empresa	distancia da margem (m)	OD	CO₂ livre	OC (mg/l)
A1	0	3,5	35,00	7,5
	50	3,66	39,00	7,2
	100	3,83	39,33	6,2
	200	4,08	41,00	5,2
A2	0	3,75	43,66	6,8
	50	3,83	39,33	6,8
	100	4	37,00	6,3
	200	4,41	28,66	6,1
A3	0	2,66	39,33	8,0
	50	2,83	38,66	6,8
	100	4,25	40,33	6,8
	200	4,41	38,66	6,8

Tabela 2.1. Parâmetros medidos em novembro de 2005.

empresa	distancia da margem (m)	OD	CO₂ livre	OC (mg/l)
B1	0	4,08	20,32	5,5
	200	4,08	18,33	4,5
	400	7,16	22,51	3,2
B2	0	3,99	28,13	6,7
	200	5,02	29,01	5,2
	400	5,99	24,17	4,2
B3	0	3,01	28,92	6,5
	200	5,08	31,82	5,1
	400	5,99	28,88	4,9
B4	0	4,08	31,73	6,5
	200	5,91	28,62	6,1
	400	6,08	31,84	4,4

Tabela 2.2. Parâmetros medidos em dezembro de 2005.

empresa	distancia da margem (m)	OD	CO₂ livre	OC (mg/l)
C1	0	3,05	30,24	6,8
	200	5,85	30,45	5,2
	400	6,34	30,24	5,2
C2	0	2,11	28,38	8
	200	5,35	28,32	6
	400	6,23	28,35	5
C3	0	2,29	20,58	5,2
	200	3,4	28,27	5,2
	400	5,79	22,52	4,2
C4	0	3,58	28,42	6,7
	200	3,46	26,46	6,7
	400	5,41	24,46	4,7
C5	0	4,98	22,7	6,7
	200	5,24	22,72	4,7
	400	6,01	20,76	4,8

Tabela 3.0. Parâmetros medidos em maio de 2005.

empresas	distancia da margem (m)	nitrato (mg/l)	fósforo total (mg/l)
A1	0	0,4	0,17
	50	0,4	0,13
	100	0,8	0,21
	200	0,4	0,06
A2	0	0,8	0,09
	50	0,6	0,06
	100	0,4	0,18
	200	0,2	0,06
A3	0	0,4	0,05
	50	0,2	0,07
	100	0,4	0,21
	200	0,4	0,06

Tabela 3.1. Parâmetros medidos em novembro de 2005.

empresas	distancia da margem (m)	nitrito (mg/l)	fósforo total (mg/l)	sulfato (mg/l)
B1	0	0,6	0,02	47
	200	0,7	0,02	52
	400	0,7	0,04	65
B2	0	0,7	0,04	45
	200	0,6	0,02	120
	400	0,7	0,02	74
B3	0	0,4	0,02	11
	200	0,5	0,01	74
	400	0,6	0,08	130
B4	0	0,6	0,02	140
	200	0,6	0,04	130
	400	0,6	0,02	130

Tabela 3.2. Parâmetros medidos em dezembro de 2005.

empresas	distancia da margem (m)	Nitrato (mg/l)	fósforo total (mg/l)	sulfato (mg/l)
C1	0	0,9	0,06	34
	200	1	0,06	34
	400	0,8	0,07	36
C2	0	0,8	0,05	32
	200	0,9	0,1	28
	400	0,7	0,05	29
C3	0	0,9	0,07	21
	200	0,8	0,04	28
	400	0,7	0,07	28
C4	0	0,7	0,13	26
	200	0,8	0,1	26
	400	0,7	0,19	27
C5	0	0,7	0,02	18
	200	0,6	0,03	20
	400	0,6	0,04	20

Tabela 4.0. Parâmetros medidos em maio de 2005.

empresa	distancia da margem (m)	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L
A1	0	3,10	1,00	1,30	0,70
	50	3,00	1,00	1,20	0,70
	100	2,60	1,00	0,90	0,60
	200	3,00	1,00	1,20	0,70
A2	0	2,70	1,00	1,00	0,70
	50	2,60	1,00	0,90	0,60
	100	2,60	1,00	1,00	0,60
	200	2,70		1,00	0,60
A3	0	14,00	1,00	2,00	1,00
	50	2,80	1,00	0,90	0,60
	100	2,50	1,00	0,90	0,60
	200	2,80	1,00	1,00	0,60

Tabela 4.1. Parâmetros medidos em novembro de 2005.

empresa	distancia da margem (m)	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L
B1	0	87	3	18	42
	200	85	4	13	39
	400	76	3	15	40
B2	0	135	8	17	32
	200	136	6	9	44
	400	120	5	16	23
B3	0	132	6	12	47
	200	134	5	9	43
	400	100	5	10	39
B4	0	143	5	11	48
	200	137	6	17	46
	400	149	6	18	47

Tabela 4.2. Parâmetros medidos em dezembro de 2005.

empresa	distancia da margem (m)	Na mg/L	K mg/L	Ca mg/L	Mg mg/L
C1	0	87	3	4	8
	200	85	4	4	8
	400	76	3	4	7
C2	0	135	8	6	14
	200	136	6	6	14
	400	120	5	5	12
C3	0	132	6	6	14
	200	134	5	6	13
	400	100	5	4	10
C4	0	143	5	6	14
	200	137	6	6	14
	400	149	6	6	15
C5	0	153	6	6	15
	200	153	6	7	15
	400	155	6	7	16