# 3 Apresentação do Programa Experimental

### 3.1. Descritivo do Campo de Estudo e Atividades

A área de estudo situa-se no estado da Bahia, neste local está prevista a realização de um projeto pioneiro de aprisionamento de dióxido de carbono em meio geológico, visando através deste estudo a definição de uma alternativa que diminua o impacto ambiental relacionado às mudanças climáticas e para as atividades de EOR (Recuperação Avançada de Petróleo - Enhanced Oil Recovery).

Estima-se que cerca de 400 toneladas/dia de CO<sub>2</sub> serão injetadas neste campo de estudo, por isso a necessidade da atividade de monitoramento do projeto.

Para tanto, faz-se necessário a determinação do *background* de CO<sub>2</sub> no campo de estudo, esta atividade está sendo denominada de monitoramento antes do início da injeção do CO<sub>2</sub>, a metodologia deste estudo será apresentada neste capítulo.

Anteriormente à coleta de dados realizada para este estudo, um levantamento geofísico foi realizado neste local, o que facilitou o acesso aos pontos de amostragem devido à abertura de picadas realizada no terreno pela equipe da geofísica.

A área estudada tem aproximadamente 50 km². Para a execução do trabalho foi elaborada uma grade conforme disposição mostrada na Figura 3.1. Esta figura apresenta o campo petrolífero estudado tendo em destaque as áreas de amostragem idealizadas pelo grupo técnico. Destacando-se ao sul a área de interesse para o monitoramento de CO<sub>2</sub>, pois é nesta área que está previsto a injeção do gás. E ao norte a de interesse exploratório.

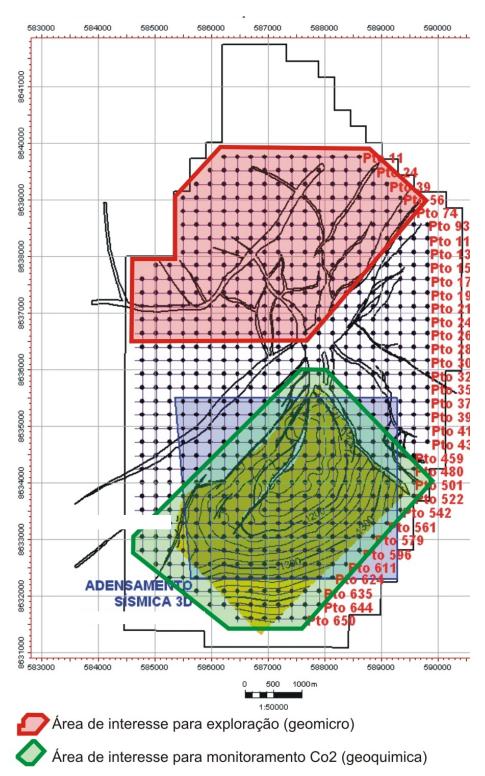


Figura 3.1 – Mapa de amostragem do campo petrolífero do estudo.

A amostragem dos pontos foi dividida em campanhas num total de 10 campanhas, conforme mostrado na Figura 3.2, com uma média de 65 amostras por campanha, totalizando 650 pontos de amostragem. O número de amostras

por campanha foi limitado pela capacidade de processamento dos laboratórios que realizaram as análises. As amostras ocorreram entre os meses de agosto de 2008 e junho de 2009.

A amostragem de campo buscou uma representatividade de toda a área de estudo, os pontos distam de aproximadamente 240m entre si. Um importante fator que determinou a disposição dos pontos foi a realização do levantamento geofísico na área, assim sendo, num futuro os dados podem ser correlacionados.

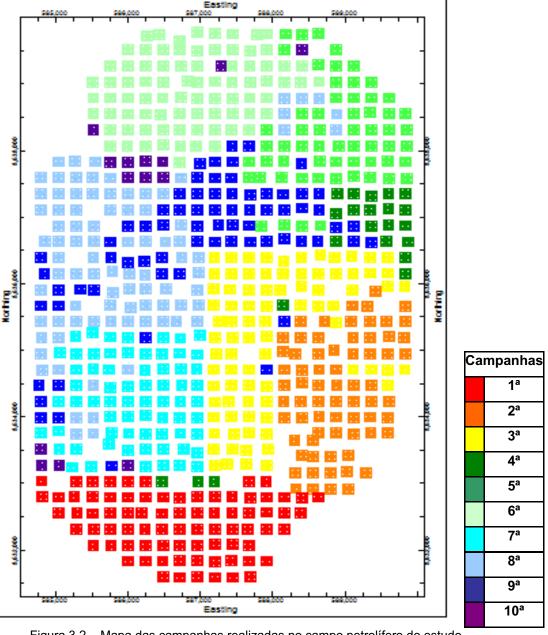


Figura 3.2 – Mapa das campanhas realizadas no campo petrolífero do estudo.

Para cada ponto da malha foram coletadas amostras de solos e realizadas análises *in situ* da concentração de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), compostos voláteis (HC) e radônio (Rn), além da aferição das condicionantes climáticas no instante da coleta (temperatura, pressão atmosférica e umidade relativa do ar). As coordenadas de cada ponto foram localizadas com exatidão através de equipamento GPS.

As amostras de solo coletadas, posteriormente foram encaminhadas aos laboratórios para a realização da classificação geológica do tipo de solo, análises microbiológicas e geoquímicas, conforme serão descritas a diante.

### 3.2. Localização dos Pontos

Os pontos foram localizados conforme a malha mostrada na Figura 3.1 e para facilitar os trabalhos de campo uma planilha com as coordenadas geográficas dos pontos e imagens de satélites foram utilizadas conforme Figura 3.3.



Figura 3.3 – Imagem de satélite para auxiliar na localização dos pontos em campo.

Os pontos foram locados no terreno com o auxilio de um aparelho GPS portátil da marca Garmin, modelo GPSMap 76CSx visto na parte superior da Figura 3.3. Este aparelho apresenta as seguintes características técnicas:

- Características da bússola eletrônica:
  - Exatidão da bússola: ± 5°;
  - ⊃ Resolução: 1º;
- Características do altímetro barométrico:
  - Exatidão: ± 3,05m;

- Resolução: aproximadamente 0,305m;
- Intervalo de trabalho: -0,61 a 91,5m;
- Intervalo de temperatura: -15°C a 70°C.

Após a localização dos pontos foi realizada a coleta de amostras e a medição *in situ* de alguns gases.

#### 3.3. Coleta de Amostras

Para cada ponto da malha foram realizadas amostragens de solos e medições *in situ* dos gases. A amostra do solo e as medições foram realizadas a uma profundidade entre 0,5 e 1,10m para amostras de solo e para amostras de gás a uma profundidade de 1,10m. As profundidades abaixo de 0,50m do topo do terreno foram escolhidas para evitar a presença de material orgânico.

Para a amostragem foi seguida a sequência de procedimentos descritos abaixo:

- 1) Posicionamento do ponto através do equipamento GPS (Figura 3.4);
- Remoção do solo superficial de natureza orgânica do terreno, com auxilio de enxada ou de "picareta chibanca" dependendo do grau de compactação do solo a ser coletado (Figura 3.5);
- 3) Escavação do furo na profundidade de 0,5m, para posterior coleta, com auxilio de cavadeira (Figura 3.6);
- 4) Coleta das amostras de solo através de equipamentos cravados. A cravação pode ser vista na Figura 3.7. Para este estudo foram utilizados amostradores de 56 mm de diâmetro externo de aço inox 304 temperado da marca Sondeq, modelo SMAM-7C. No interior destes amostradores foram instalados tubos plásticos com diâmetro externo de 38 mm, que além de preservar a estrutura da amostra, facilitam no processo de identificação, estes tubos estão mostrados na Figura 3.8, Figura 3.9 e Figura 3.10.
- Para a cravação do amostrador e conservação da verticalidade do furo de amostragem foram utilizados uma haste de cravação de aço inox temperado 304 e um batente de cravação;
- 6) O objeto utilizado para mobilizar a energia na cravação foi uma marreta de 3,5kg;
- 7) A extração do conjunto de cravação foi realizada com o auxilio de um extrator de marca Geoprobe, como mostrado na Figura 3.11;
- 8) Após a extração foi realizado o desmonte do conjunto de cravação e a retirada do tubo plástico, para casos aonde a amostragem foi realizada em solos

arenosos ou pedregosos fez-se necessário a utilização de um equipamento tipo ralo para reter a amostra no interior do tubo; este dispositivo está mostrado na Figura 3.12. Esse equipamento foi inserido no interior do tubo e ficou contido pelo batente da extremidade interna da sapata cortante;

9) A amostra de solo retirada através do tubo foi utilizada para descrição geológica do tipo de solo, para análise geoquímica e para análise microbiológica. Na Figura 3.13 ficam evidenciadas essas amostras.

As seqüências dos procedimentos estão mostradas no conjunto de fotos que seguem.



Figura 3.4 – Localização do ponto, alguns pontos foram facilmente identificados, pois já haviam sido estaqueados pela equipe da geofísica.



Figura 3.5 – Remoção do material orgânico antes da perfuração e amostragem.



Figura 3.6 – Escavação do solo com o auxilio de uma cavadeira para posterior coleta de material.



Figura 3.7 – Detalhe da cravação do amostrador.

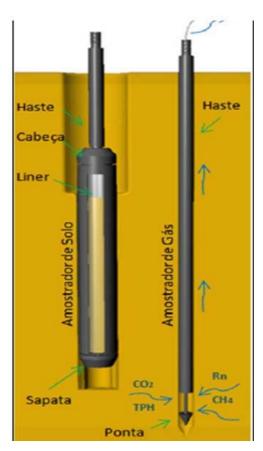


Figura 3.8 – Ilustração do amostrador de solo e do amostrador de gás.



Figura 3.9 – Detalhe do amostrador de solo com o tubo plástico no interior.



Figura 3.10 – Detalhe do tubo amostrador com tubo plástico.



Figura 3.11 – Detalhe da extração da haste de cravação.



Figura 3.12 – Ralo utilizado para amostragem de solo arenoso e solos pedregosos.



Figura 3.13 – Amostras de solo. A) Amostra para classificação geológica; B) Amostra para análise microbiológica; C) Amostra para análise geoquímica.

Um melhor esquema do funcionamento do amostrador de solo pode ser observado na Figura 3.14.

Este processo é repetido até que profundidade de amostragem desejada seja atingida. Quando a última amostra for recuperada, a haste exterior é extraída e realiza-se o fechamento do furo.

# 3.4. Classificação Tátil Visual do Tipo de Solo

Com a finalidade de manter as características da amostra de solo para a realização da descrição tátil visual desta, a amostra foi mantida no próprio tubo. Para identificação do topo e da base da amostra coletada, foram colocados *caps* plásticos de cores distintas, sendo o *cap* preto para porção superior e o *cap* vermelho para a porção inferior como podem ser observadas na Figura 3.13 (A).

Após a identificação dos tubos, esses ficaram devidamente armazenados numa sacola térmica de 30L. As amostras foram transportadas para o Laboratório de Geotecnia e Meio Ambiente da PUC - Rio onde foram descritas por uma geóloga.

A caracterização realizada pela geóloga obedeceu à norma NBR 7250 - Identificação e descrição de amostras de solos obtidas em sondagens de simples reconhecimento dos solos e a carta de descrição de solos elaborada

pela *Exploration Associates Ltd* com base na norma britânica BS 5930. A carta utilizada pode ser vista nas Figura 3.15 e Figura 3.16.

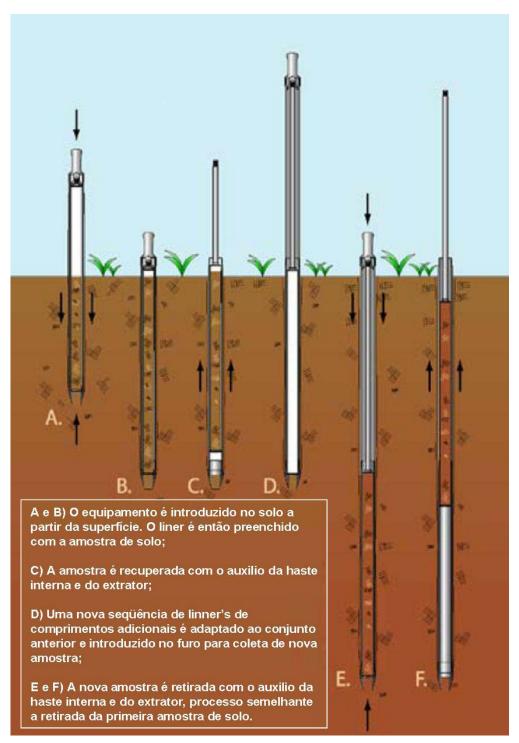


Figura 3.14 – Esquema da amostragem de solo. Modificado de Geoprobe (2010).

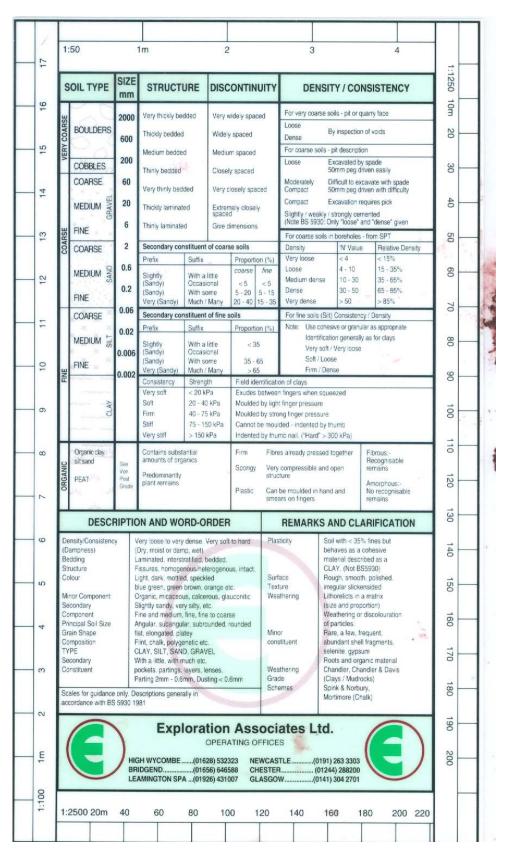


Figura 3.15 – Carta de descrição de solos da Exploration Associates Ltd.

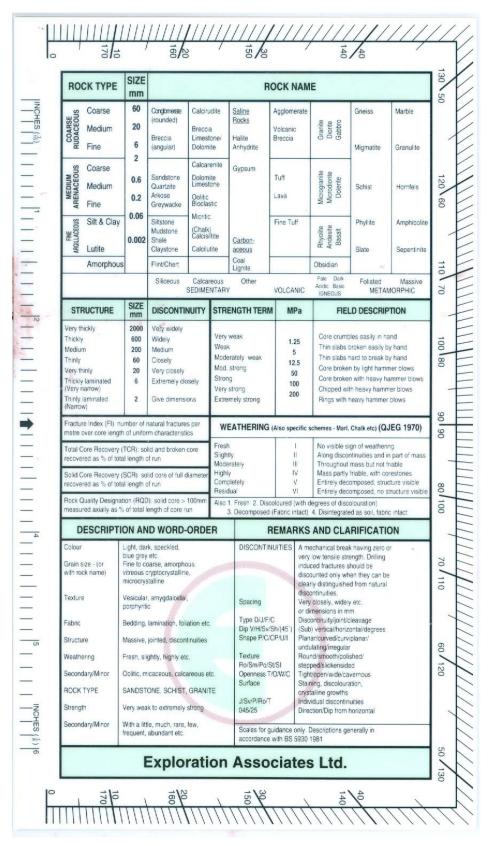


Figura 3.16 – Carta de descrição de rochas da Exploration Associates Ltd.

### 3.5. Análise Geoquímica

A porção de solo coletada para a análise geoquímica foi destorroada manualmente e colocada num recipiente tipo Iso-Jar<sup>TM</sup>, conforme observada na Figura 3.13 (C).

Imediatamente após a amostragem as amostras destorroadas foram cuidadosamente colocadas nestes recipientes. Para tanto, procedeu-se a retirada de eventuais matérias orgânicas (i.e. folhas e raízes) presentes. A quantidade de amostra de solo colocada em cada recipiente foi fixada por um traço indicador contido em seu rótulo. Foi colocada água até aproximadamente 2/3 do volume do recipiente e adicionado quatro gotas do bactericida Cloreto de Zefiran (Cloreto Benzalcônio), para impedir o desenvolvimento microbiano. Este bactericida é comumente utilizado em soluções para desinfecção de pele, limpeza de membranas mucosas e esterilização de instrumentos.

As amostras foram armazenadas em local ventilado e fresco, e foram acondicionadas em caixas de isopor. Semanalmente as amostras coletadas eram transportadas para o laboratório, onde foram ensaiadas. As análises geoquímicas foram realizadas no Laboratório de Estudos Marinhos e Ambientais da PUC - Rio (LABMAN).

A técnica utilizada na análise geoquímica foi análise por *headspace*. Conforme descrito anteriormente, a amostra de solo foi submersa por água deixando um espaço de aproximadamente 1/3 do recipiente para a câmara de ar (*headspace*). A amostra pode ser observada na Figura 3.17.

A amostra foi submetida à agitação para posterior retirada da amostra gasosa presente neste *headspace*. Após a retirada da amostra gasosa, esta passou por uma gasometria, onde foram quantificados os seguintes gases: metano, etano, eteno, propano, propeno, i-butano, n-butano, 2-buteno-trans, 1-buteno, 2-buteno-cis, neo-pentano, i-pentano, n-pentano,



Figura 3.17 – Detalhe da embalagem utilizada para análise geoquímica.

A norma do ensaio de *headspace* / cromatografia gasosa está descrito na ISO 22155:2005, entretanto o ensaio foi realizado com algumas modificações a essa norma devido à requisição da empresa contratante. Os procedimentos básicos deste ensaio são:

- 1) Pesa-se o recipiente da amostra com o solo e a água;
- 2) Agita-se o recipiente em máquina por aproximadamente 10 minutos a 350 mot/min;
- Deixa o recipiente em repouso de 10 a 15 minutos para a sedimentação do material;
- 4) Após essa etapa uma parcela de aproximadamente 500μL do headspace da amostra é coletado com o auxilio de uma seringa especifica para amostragem. A seringa é apresentada na Figura 3.18. Essa seringa para amostragem é do tipo gas-tight e seu êmbolo é confeccionado em politetrafluoretileno (PTFE) comercialmente denominado de Teflon;
- 5) No equipamento Finnigam modelo 9001 com detector de ionização por chama de hidrogênio (FID Flame Ionization Detector) de íons (SIM) foi realizada a cromatografia gasosa para a determinação dos hidrocarbonetos saturados de C1 a C6. A amostra de gás coletada pela seringa é injetada no cromatógrafo conforme mostra a Figura 3.19. A Figura 3.20 apresenta o equipamento externamente e a Figura 3.21 internamente;
- 6) Com a ajuda do software do equipamento é possível identificar os picos padrões e as concentrações dos analitos presentes na amostra. A Tabela 3.1 apresenta a tabela gerada pelo programa com as concentrações dos

hidrocarbonetos presentes na amostra e a Figura 3.22 apresenta o diagrama dos picos dos analitos de uma amostra do estudo.



Figura 3.18 – Detalhe do recipiente e da seringa utilizada no ensaio de cromatografia gasosa. pelo Laboratório de Estudos Marinhos e Ambientais da PUC - Rio – LABMAN.



Figura 3.19 – Amostra de gás sendo injetada no cromatógrafo no Laboratório de Estudos Marinhos e Ambientais da PUC - Rio - LABMAN.



Figura 3.20 — Detalhe do cromatógrafo utilizado no Laboratório de Estudos Marinhos e Ambientais da PUC - Rio - LABMAN.



Figura 3.21 – Detalhe interno do cromatógrafo do Laboratório de Estudos Marinhos e Ambientais da PUC - Rio - LABMAN.

Tabela 3.1 - Tabela gerada pelo programa com as concentrações dos hidrocarbonetos presentes na amostra pelo Laboratório de Estudos Marinhos e Ambientais da PUC - Rio - LABMAN.

Name	Area	ESTD Concentration
Metano	3044	5.044
Etano	704	0.601
Eteno	1239	1.071
Propano	664	0.391
Propeno	106	0.059
i-Butano	264	0.113
n-Butano	242	0.100
2-Buteno-trans	50	0.019
1-Buteno		< LD
2-Buteno-cis	288	0.092
neo-Pentano		< LD
i-Pentano	7136	2.518
n-Pentano	117	0.042
Totals	13854	10.050

Para o bom resultado do ensaio e sua confiabilidade foi assegurado que não houve evaporação durante o manuseio da amostra. Para tanto, foi evitado que as amostras ficassem expostas ao ar, mesmo durante o processo de amostragem em campo. As amostras ficaram acondicionadas em local fresco e à temperatura constante. Houve um cuidado para que as amostras ficassem protegidas do contato direto com a pele e da expiração dos técnicos do laboratório e dos técnicos e engenheiros que coletaram as mesmas.

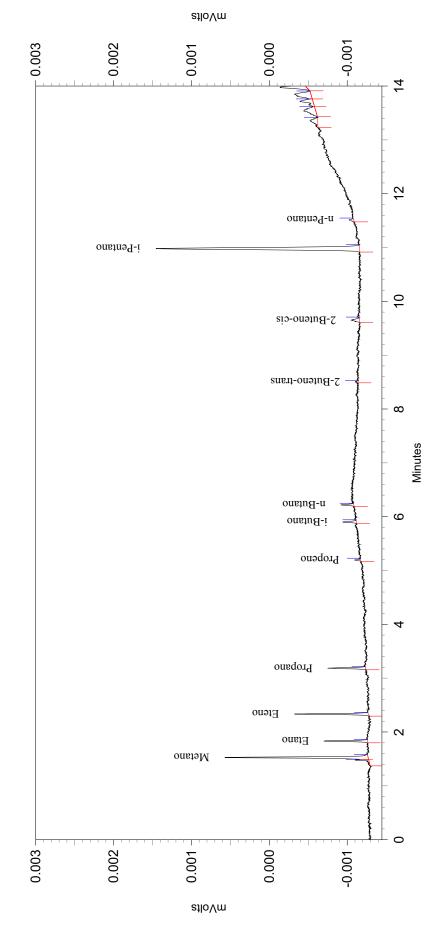


Figura 3.22 - Diagrama de picos dos analitos de uma amostra do estudo elaborado pelo Laboratório de Estudos Marinhos e Ambientais da PUC - Rio - LABMAN.

# 3.6. Análise Microbiológica

A porção de solo coletada para a análise microbiológica foi colocada num recipiente plástico Whirl-Pak<sup>TM</sup>. Este recipiente consiste de um saco plástico esterilizado. Esta embalagem está apresentada na Figura 3.23.



Figura 3.23 – Detalhe da embalagem utilizada para análise microbiológica.

Aproximadamente 300g de solo, de cada ponto de amostragem, foram utilizados para estas análises. O mesmo cuidado apresentado para as amostras de geoquímica foram repetidas para essas amostras retirando o material orgânico que eventualmente pudesse ter aparecido na coleta.

Para não haver a contaminação da amostra por parte do tato dos engenheiros que coletaram foram utilizadas luvas descartáveis.

As amostras depois de identificadas ficaram armazenadas em caixa térmica contendo gelo reutilizável. Contudo, tomou-se o cuidado de não manter o gelo em contato direto com a amostra de solo, para isso os gelos reutilizáveis foram embrulhados em papel toalha. Nesta caixa térmica as amostras ficaram acondicionadas a 4°C, aproximadamente, até a finalização das atividades do dia de coleta, logo após eram acondicionadas em geladeira onde a temperatura de 4°C era constante. As amostras estão mostradas nas Figura 3.24 a Figura 3.27.



Figura 3.24 – Colocação de gelos reutilizáveis no fundo do isopor.



Figura 3.25 – Colocação de camada de papel toalha e amostras.



Figura 3.26 – Colocação de nova camada de papel toalha.



Figura 3.27 – Colocação de nova camada de gelo reutilizável acima das amostras.

As análises microbiológicas foram realizadas pela Geochemical Technology Serviços Analíticos e Ambientais S/A.

Os ensaios microbiológicos realizados foram de caráter quantitativo utilizando-se a metodologia MPOG (Prospecção Microbiana para Óleo e Gás) através da contagem de bactérias metano propano/butanos-oxidantes e

utilização de culturas de referência certificadas e rastreáveis para controle da técnica.

As amostras de solo foram preparadas obtendo-se uma suspensão de bactérias presentes no solo. Através desta suspensão foram preparadas doze diluições com quatro repetições cada. As faixas de diluições utilizadas foram de  $10^{-2}$  a  $10^{-13}$ .

O meio de cultura utilizado na preparação das diluições foi confeccionado em laboratório, livre da presença de qualquer fonte de carbono. As amostras eram impostas a um controle de qualidade com amostras de referência antes de seu uso.

As diluições eram preparadas em microplacas esterilizadas e foram incubadas em um dessecador sob atmosfera de mistura de gás metano com ar sintético, e propano/butano por 20 (vinte) dias a temperatura de 30 ± 2°C. Sendo assim, manteve-se no interior do dessecador uma concentração de gases (usados como fonte de carbono) constante. A cada dois dias a amostra era submetida a uma nova injeção de mistura de gases. Os resultados quantitativos foram expressos em Número Mais Provável por grama de solo seco. (NMP/g de solo seco).

#### 3.6.1. Ensaios de Atividade Metabólica Microbiana

A atividade metabólica microbiana, em presença de gás, foi realizada por cromatografia gasosa, utilizando um cromatógrafo a gás com detector de ionização de chama (GC FID) conforme mostrado na Figura 3.28.

Neste recipiente foi injetada uma mistura de gás metano com gás sintético para determinação do consumo de metano pelas bactérias metano oxidantes e a mistura dos gases propano e butano com ar sintético para determinação do consumo de propano e butano pelas bactérias propano/butano oxidantes presentes no solo. A incubação foi feita com sistema de agitação orbital e à temperatura constante de 30 ± 2°C por trinta dias.

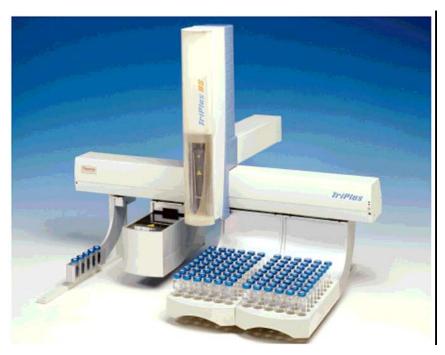


Figura 3.28 – Detalhe do cromatógrafo utilizado para as análises de atividade metabólica microbiana. (Geochemical, 2010).

#### 3.7. Análise In Situ de Gases Presentes nos Poros da Massa de Solo

Para o presente estudo foram realizadas medições *in situ* dos seguintes gases: CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), TPH (hidrocarbonetos total de petróleo), CH<sub>4</sub> (metano) e Rn (radônio). A análise de gases foi realizada através de um amostrador cravado do tipo Geoprobe. O amostrador está mostrado na Figura 3.29.

O amostrador permite a extração do gás contido nos vazios do solo a uma profundidade determinada. Para a cravação e extração do amostrador descrito, utilizam-se procedimentos semelhantes ao de amostragem de solo.

Para o presente estudo foi empregado três amostradores de gás com a finalidade de minimizar o potencial de contaminação cruzada. A cada utilização do amostrador este era colocado em um recipiente plástico contendo água tratada, para que o solo fixado nas paredes das hastes fosse facilmente removido. Após a imersão do amostrador na água este era limpo com o auxilio de um escovão com cerdas plásticas.

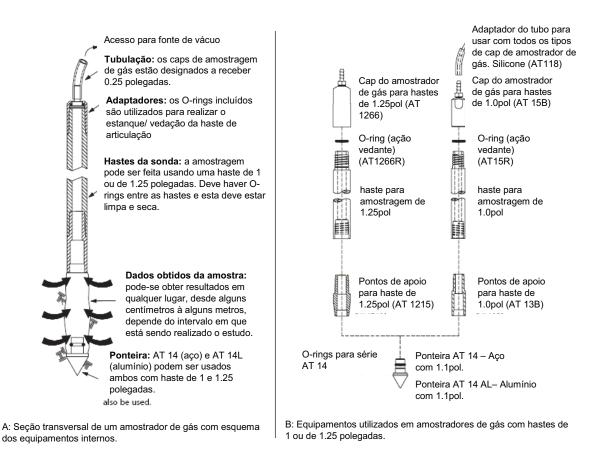


Figura 3.29 – Detalhe amostrador de gás tipo Geoprobe. (Geoprobe, 2010).

A partir da segunda campanha, com o intuito de minimizar o tempo despedido, resolveu-se empregar um manifolde (vide Figura 3.30), para que as linhas de coleta de gás de cada equipamento de medição partissem de um único amostrador. Foram feitas conferencias e observou-se que as medições de vazão, efetuadas com um medidor da marca Matheson, modelo FM-1000, não indicaram variações significativas do volume de gás extraído do meio poroso com a mudança efetuada.

As primeiras campanhas foram realizadas em um clima chuvoso e a umidade do solo mantinha-se elevada, o que dificultava a leitura de alguns dados, pois os filtros de retenção projetados pelos fabricantes dos equipamentos não eram adequados para condições extremas de umidade. Para tanto foi necessário projetar e confeccionar um filtro em acrílico transparente para atender esta demanda das medições. O filtro construído possui em seu interior partículas de sílica gel com indicação de saturação (i.e. que altera a sua coloração com o aumento da umidade) indicando o momento de substituição do meio absorvente tão logo a sua coloração estiver esbranquiçada. O projeto deste filtro, bem como,

a ilustração do equipamento podem ser observados nas Figura 3.31 a Figura 3.34. O equipamento em si pode ser visto acoplado ao manifolde na Figura 3.30.



Figura 3.30 – Detalhe do manifolde empregado para realizar a medição simultânea dos gases de interesse.

O monitoramento dos gases realizado em campo consistiu na mensuração da concentração dos seguintes gases: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), o metano (CH<sub>4</sub>), os hidrocarbonetos totais de petróleo (TPH) e o radônio (Rn).

 $O\ CO_2$  e o  $CH_4$  foram medidos através de um analisador de gás da marca Columbus Instruments, modelo Portable Gas Meter conforme mostrado na Figura 3.35.

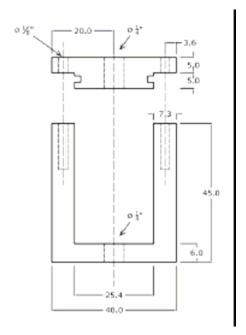


Figura 3.31 – Vista lateral do filtro com o tampo aberto.

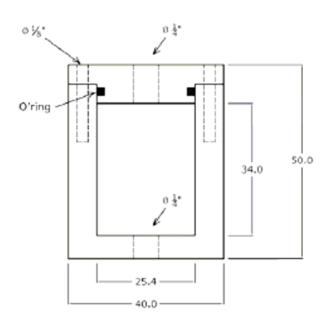


Figura 3.32 – Vista lateral do filtro com o tampo fechado.

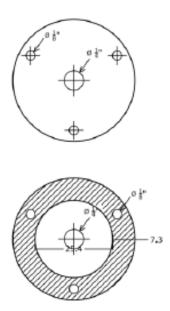


Figura 3.33 – Vista de topo denotando o tampo e o interior do filtro.



Figura 3.34 – Representação esquemática em três dimensões.



Figura 3.35 – Detalhe do aparelho utilizado para a medição dos gases CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>.

Este equipamento tem a capacidade de medir simultaneamente CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>. As medidas desses gases podem ser realizadas a uma faixa de 0 a 100%, outras escalas também são disponibilizadas como opcionais pelo fabricante.

O medidor de gás possui uma bomba própria de ar para realizar as amostragens. Para isso utiliza-se um analisador de gás infravermelho para medições de  $CO_2$  e uma célula combustível eletroquímica para as medições de  $O_2$ . A vida útil do sensor de  $O_2$  é de cinco anos, e o sensor de  $CO_2$  tem funcionalidade indefinida. A resposta do analisador de gases é de aproximadamente trinta segundos.

O aparelho é composto de duas partes: o contador e uma bateria recarregável com carregador. Uma única carga da bateria fornece 24 horas de operação aproximadamente.

Em campo as medidas deste equipamento foram comparadas as medidas de um cromatógrafo de campo, a critério de validação dos dados amostrados. A medição dos dados pelo cromatógrafo de campo foi elaborada pelo IFP (Instituto Francês de Petróleo). A Figura 3.36 ilustra uma medição realizada pelo Instituto.



Figura 3.36 – Medição realizada com cromatógrafo de campo pelo IFP.

Já o TPH foi medido por um analisador da marca Thermo, modelo Innova SV conforme pode ser visto na Figura 3.37.



Figura 3.37 – Detalhe do aparelho utilizado para a medição do TPH.

Este equipamento foi projetado para medições de vapores de gases em solo. As aplicações deste aparelho são para monitoramento e remedições de

áreas contaminadas, uma vez que apresenta como resultado da amostragem dados de hidrocarbonetos totais (incluindo metano).

Os resultados obtidos são expressos em porcentagem de LEL (Lower Explosive Limit) ou ppm (partes por milhão). Pode-se utilizar o método duplo em que o metano é distinguido dos demais gases TPH. O intervalo de uso é de 0 a 1000 ppm em incrementos de 10 em 10 ppm. A umidade não afeta na leitura do sensor devido ao filtro hidrofóbico do equipamento.

Os resultados de TPH medidos em campo não serão utilizados nas análises estatística e geoestatistica. Os valores de TPH não apresentaram variabilidade na região, pois a faixa de trabalho do equipamento não foi compatível as concentrações de campo, assim sendo as análises foram desconsideradas.

O Radônio foi medido por um analisador da marca Genitron Instruments, modelo AlphaGuard mostrado na Figura 3.38.



Figura 3.38 – Detalhe do aparelho utilizado para a medição do Radônio.

O equipamento medidor de Radônio realiza as medições no ar, no solo, na água e em materiais de construção. Além da medição do Rn são realizados simultaneamente as medidas da temperatura e pressão.

A sensibilidade do detector alfa de espectrometria é de 5 cpm (contagem por minuto) em 100 Bq/m³ (Bq/m³ é uma medida utilizada para radioatividade, 1 Bq equivale a 1 desintegração atômica por segundo). A resposta linear do

equipamento é de 2 à 2.000.000 Bq/m³ (ou 0.05 à 50.000 pCi/L, sendo pCi = picoCurie e 1 pCi/L = 37 Bq/m³).

As aplicações de campo deste aparelho são para acompanhamentos das concentrações de Rn a curto e longo prazo. A faixa de operação do equipamento é de -10°C à +50°C (14 à 122°F), 700 à 1100mbar e de 0 a 99% de umidade relativa.

A leitura dos dois primeiros instrumentos foi feita manualmente, e o resultado das medições foi transcrito para uma caderneta de campo. Já as leituras efetuadas pelo medidor de radônio forão armazenadas em uma memória interna do próprio aparelho e posteriormente baixadas ao final de cada jornada de trabalho.

Para cada ponto foram anotadas a identificação do ponto, a data e hora da análise, as coordenada geográficas e a sua altitude fornecidos pelo aparelho GPS; a cor e a textura do solo bem como a profundidade de início da amostragem, as condições do tempo, a temperatura, umidade relativa do ar e a pressão atmosférica; essas anotações eram realizadas numa caderneta de campo conforme mostrada na Figura 3.39.

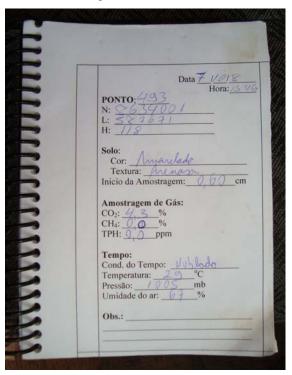


Figura 3.39 – Detalhe da caderneta de anotações utilizada em campo.

Cabe ressaltar que todos os equipamentos acima citados eram calibrados antes do início de cada campanha.