

4. Materiais e métodos

No presente estudo foi dada ênfase nos estudos hidrológico-erosivos, assim como as características físicas e químicas do solo em diferentes tipos de uso cobertura (sub-bacia do Córrego das Paineiras, Lumiar, Nova Friburgo - RJ), são eles: Floresta Secundária, Sistema Agroflorestal, Pousio e Pasto. Esses usos foram escolhidos por exercerem uma representatividade na composição da paisagem local.

O mapeamento da geologia da área foi realizado a partir do cruzamento de dados do Programa de Levantamentos Geológicos do Brasil referente à Geologia do Estado do Rio de Janeiro disponibilizado pelo CPRM (2012) da folha Nova Friburgo, na escala 1:100.000 e da base de dados do Plano de Manejo da APA Macaé de Cima (INEA-2010) em escala 1:50.000. Os outros mapas foram produzidos utilizando apenas da base do Plano de Manejo da APA.

Os procedimentos laboratoriais referentes as análises de escoamento superficial, perdas de solo por erosão, propriedades físicas do solo e os ensaios de matéria orgânica foram realizados no Laboratório de Geociências, localizado no campus de São Gonçalo da Faculdade de Formação de Professores da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Já os procedimentos executados para a determinação das análises químicas do solo foram realizados na Embrapa Solos.

4.1. Parcelas hidroerosivas

Inicialmente foram mensuradas as declividades com a utilização de uma bússola, com o objetivo de localizar as parcelas com valores de declividades mais aproximadas possíveis para cada uso cobertura supracitado, já que se trata de uma área com uma heterogeneidade muito grande na composição do relevo da paisagem. Além disso, buscou-se a instalação das parcelas hidroerosivas a partir dos representantes dos diferentes tipos de uso cobertura escolhidos para amostragem (Floresta Secundária, Sistema Agroflorestal, Pousio 4 a 5 anos e Pasto) dentro da maior aproximação possível da mesma cota altimétrica na encosta, devido o relevo se apresentar bastante acidentado, com poucos sítios

geomorfológicos e os exemplares de uso não estarem dispostos paralelamente na vertente.

Na construção das parcelas do tipo Gerlach foi definida uma área de 20 m² (10 m x 2 m), sendo instaladas entre as declividades de 30 e 40 graus, onde a área de cada uma foi delimitada com placas de alumínio de 40 cm de largura e 0,4 mm de espessura. Essa medida de parcela é definida como área mínima para a quantificação da atividade erosiva (OLLESCH & VACCA, 2002).

As placas de alumínio foram enterradas até uma profundidade de 20 cm para evitar a entrada de escoamento superficial proveniente de outras partes da vertente e os outros 20 cm deixados na parte externa com o objetivo de evitar acréscimos na disponibilização de sedimentos por salpicamento em eventos extremos de chuva, para o interior das parcelas, causando interferência direta nos dados gerados.

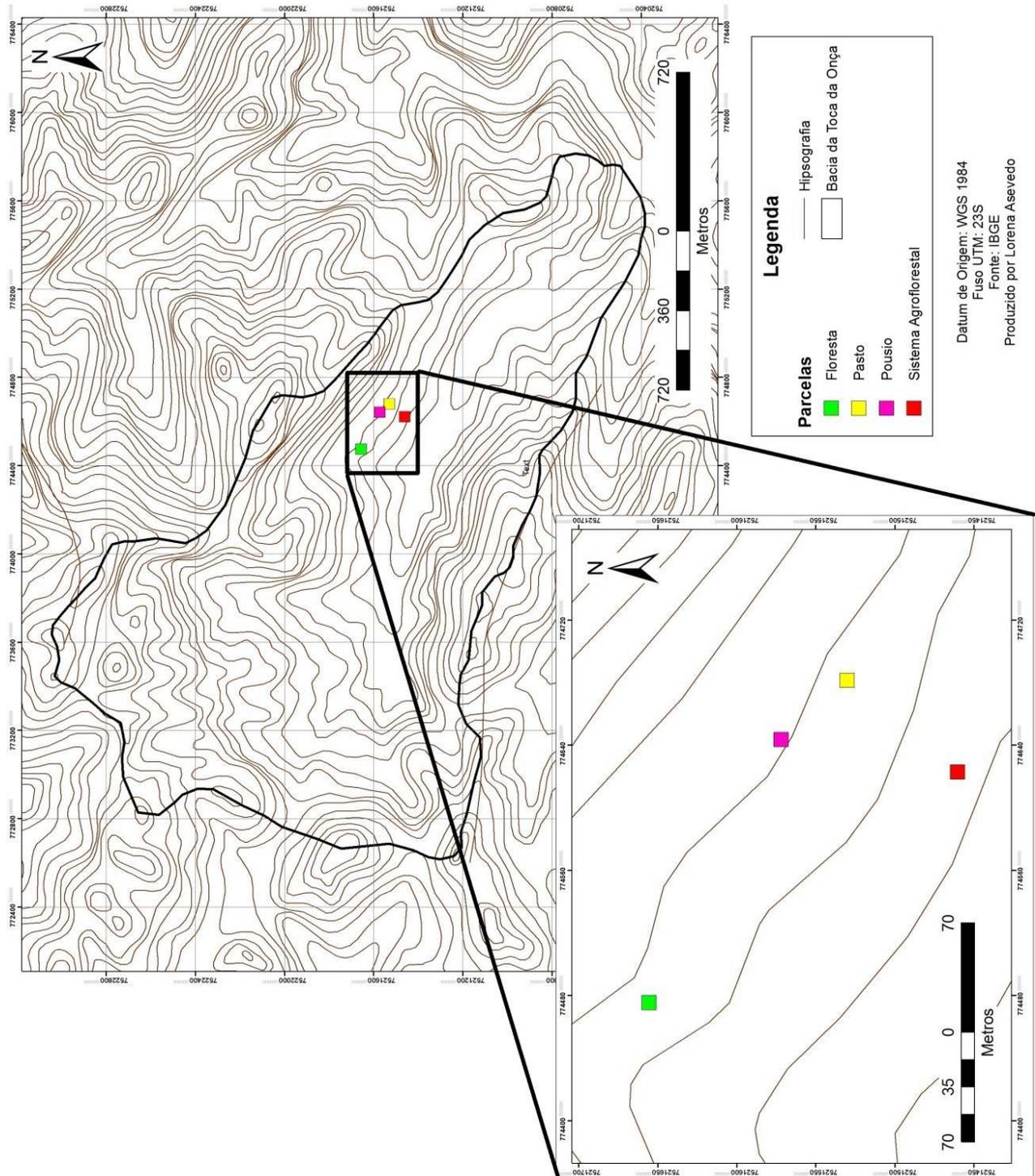


Figura 19: Localização das parcelas hidroerosivas na encosta selecionada para realização do estudo – Sítio Abaetetuba – Localidade Toca da Onça – Lumiar – Nova Friburgo/RJ.



Figura 20: Indicação da profundidade de 20 cm na à qual a chapa de alumínio foi enterrada no solo para a delimitação da área da parcela – Sítio Abaetetuba – Localidade Toca da Onça – Lumiar – Nova Friburgo/RJ.



Figura 21: Definição da Área da parcela hidroerosiva de 20 m² (10m X 2m) delimitada através da fixação da chapa de alumínio no solo – Sítio Abaetetuba – Localidade Toca da Onça – Lumiar – Nova Friburgo/RJ.

No limite inferior de cada parcela, foi inserida uma calha de alumínio para receber e coletar água e solo escoados de dentro das parcelas. Por meio de um cano de PVC com 100 mm de espessura ligada a um orifício na calha da parcela, a água escoada e o solo erodido foram levados para caixas d'água receptoras de 500 litros (parcelas Sistema Agroflorestal e Floresta secundária) e 1000 litros (parcelas Pousio e Pasto abandonado) os tamanhos diferenciados das caixas d'água devem-se ao fato de uma composição vegetal mais densa nos usos de Floresta secundária e Sistema agroflorestal o que dificulta a alocação da caixa d'água sem a geração de danos à estrutura da vegetação que exerce influência no controle hidrológico, podendo assim interferir nos dados obtidos. Portanto optou-se por uma caixa coletora de menor porte (500 L) para as parcelas com esses usos (SAF e Floresta secundária) com o objetivo de causar o menor dano possível em suas estruturas de vegetação e para as parcelas com uso de Pousio e Pasto abandonado foram utilizadas caixas coletoras de 1000 L, pois a acomodação das mesmas foi mais fácil. No contato da calha com o solo, foi colocada uma fina camada de cimento para evitar o escoamento de água por baixo da calha.



Figura 22: Foto ilustrando a parte inferior da parcela com a conexão do cano de PVC entre o orifício da calha coletora de sedimentos e a caixa d'água onde ficam armazenados a água e os sedimentos provenientes do escoamento superficial – Sítio Abaetetuba – Localidade Toca da Onça – Lumiar – Nova Friburgo/RJ.



Figura 23: Demonstração da caixa coletora de 500 L instalada com o objetivo de não gerar maiores intervenções na estrutura da vegetação do Sistema Agroflorestal – Sítio Abaetetuba – Localidade Toca da Onça – Lumiar – Nova Friburgo/RJ.



Figura 24: Parcelas hidro-erosivas. A – Floresta secundária; B – Sistema Agroflorestal; C – Pasto; D – Pousio (4 a 5 anos) – Sítio Abaetetuba – Localidade Toca da Onça – Lumiar – Nova Friburgo/RJ.

4.2. Escoamento superficial

O escoamento das parcelas foi medido diariamente, a partir da ocorrência de eventos de chuva, através da coleta da água retida nas caixas instaladas nas parcelas referentes aos usos definidos (Floresta Secundária, Pasto, Pousio e SAF) para a análise no estudo, sendo mensurados com o auxílio de um balde graduado em litros (L), posteriormente os dados obtidos na unidade de medida L, foram convertidos para a unidade de medida em milímetros para obtenção da altura atingida pela precipitação, onde cada milímetro corresponde exatamente a um litro por metro quadrado (1 L/m^2).

4.3. Perda de Solo

A perda de solo por erosão superficial foi mensurada através da retirada de uma alíquota de 1 L da água armazenada nas caixas diariamente e levadas para laboratório para realização do processo de filtragem para a quantificação efetiva da erosão superficial.

O procedimento de Filtragem é realizado da seguinte maneira: as alíquotas de 1 L coletadas nas caixas d'água contendo a solução de água e sedimento é separada passando-a através de um papel de filtro, pré-pesado (P_i), de malha conhecida. A filtragem é realizada com o auxílio de uma bomba de sucção Após a filtragem de um volume conhecido de amostra, os filtros são secados em estufa, a $100 - 110^\circ\text{C}$ por até uma hora, sendo em seguida pesados novamente (P_f). A diferença entre P_i e P_f é a concentração dos sedimentos, que para um volume conhecido de amostra (identificado nas garrafas) é então obtida em g/l, posteriormente esse volume foi dividido pela área da parcela (20m^2) para o reconhecimento da descarga de sedimentos (CARVALHO et al., 2000)



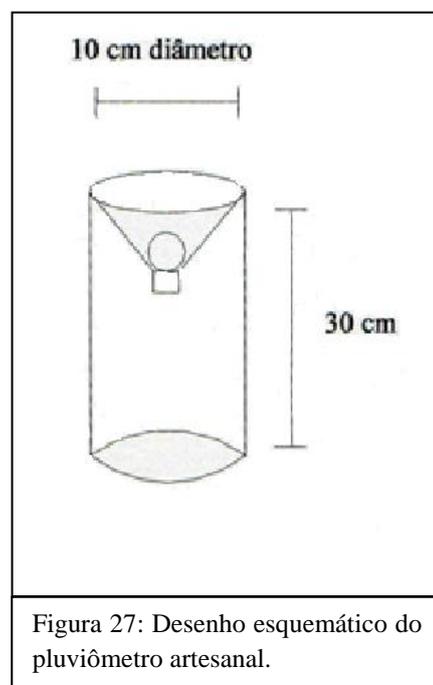
Figura 25: Alíquota de 1 Litro coletada no campo referente ao escoamento produzido a cada evento diário de chuva nas quatro parcelas hidroerosivas e levadas para procedimento de filtragem em laboratório.



Figura 26: Procedimento de Filtragem da alíquota de 1 Litro coletada no campo referente ao escoamento produzido a cada evento diário de chuva nas quatro parcelas hidroerosivas.

4.4. Pluviometria

Os pluviômetros artesanais foram construídos com tubos e fundo de PVC, com 30 cm de comprimento e com abertura na parte superior de 10 cm de diâmetro. Foram acoplados, na área de entrada do pluviômetro funis elaborados com a parte superior de garrafas PET. Além disso, foram utilizadas bolas de plástico (bola de tênis de mesa) colocadas na entrada de água de cada um dos funis com o intuito evitar a evaporação da água acumulada. Também foram utilizados suportes de madeira para a acomodação dos mesmos, colocados a uma altura de 1 m de altura de distância do solo, com o objetivo de evitar qualquer interferência nos dados obtidos.



Na área de estudo foram instalados 15 pluviômetros ao todo. Com três pluviômetros artesanais localizados em área apresentando dossel aberto, possibilitando a mensuração dos valores de entrada efetiva de precipitação no sistema para a realização da comparação, no que diz respeito à mensuração da interceptação pela vegetação nos diferentes tipos de uso cobertura definidos para amostragem no estudo (FREITAS, 2003).

Os outros 12 pluviômetros foram distribuídos no entorno das parcelas hidroerosivas, sendo dispostos três em cada uma delas, com o intuito de se obter a

verificação dos valores médios de interceptação pela cobertura vegetal e da precipitação terminal.

As quantidades de chuva localizadas no pluviômetro são transportadas para uma proveta graduada em milímetros com auxílio de um funil, para evitar qualquer possibilidade de perda ou danos aos dados registrados. A mensuração foi feita em milímetros, para obtenção da altura atingida pela precipitação, onde cada milímetro corresponde exatamente a um litro por metro quadrado (1 L/m^2) como demonstrado anteriormente para a análise do escoamento.



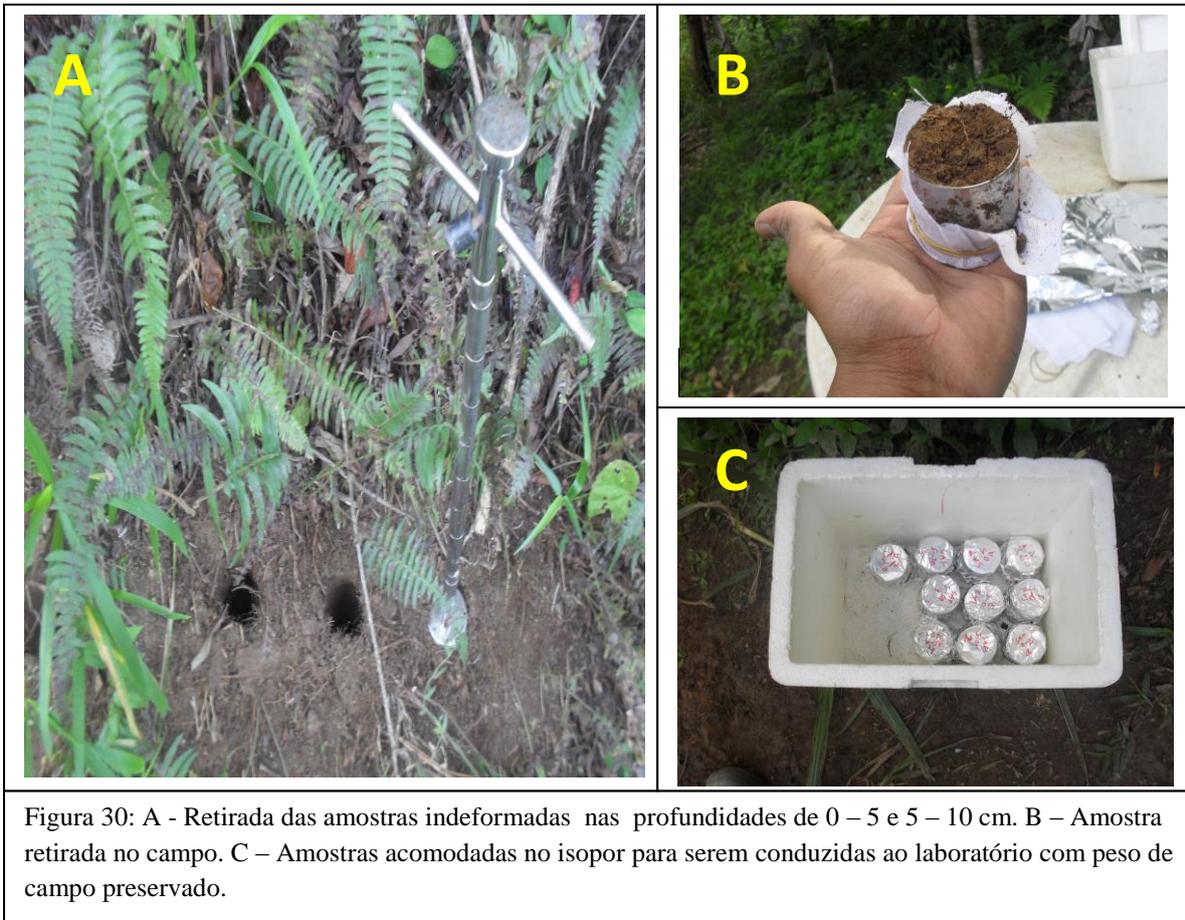
Figura 28: Demonstração da parcela hidroerosiva no campo com a indicação da distribuição dos pluviômetros ao redor para a mensuração média de precipitação diária – Sítio Abaetetuba – Localidade Toca da Onça – Lumiar – Nova Friburgo/RJ.

4.5. Propriedades Físicas

Com o objetivo de correlacionar as propriedades físicas do solo com a dinâmica hidrológicas e a erosão foram coletadas amostras com estrutura deformada e indeformada para a realização das diversas análises de laboratório. Sendo amostras com estrutura deformada nas quatro áreas definidas pelo projeto (Pasto, Pousio, SAF e Mata) nas profundidades de 0 à 5cm, e 5 à 10cm, para os ensaios de granulometria. Ao todo foram retiradas com o auxílio do martelo pedológico 15 amostras de cada profundidade com peso aproximado entre 500g e 1Kg, posteriormente foram levadas a um balde para misturá-las com o intuito de se obter uma amostra composta, de onde foram retirados 2 Kg de cada profundidade e, posteriormente, colocadas para secar ao ar (**Figura 29**). Essas amostras deformadas permitem a análise da granulometria e da matéria orgânica. As amostras indeformadas foram retiradas também nas profundidades de 0 à 5cm e 5 à 10cm. A coleta das cinco amostras de cada profundidade para análise da distribuição dos poros no solo, foi feita através da utilização de um extrator de solo e anéis de Kopecky (**Figura 30**).



Figura 29: A - demonstração da retirada de 15 amostras deformadas nas profundidades de 0 – 5 e 5 - 10 no campo. B – Indicação da profundidade na qual foram retiradas as amostras.



4.5.1. Granulometria

A análise granulométrica permite determinar a textura do solo. As diferentes frações do solo são definidas pelo seu tamanho em uma classificação granulométrica para a identificação textural do solo. A análise mecânica determina a proporção existente de areia, silte e argila, proporção esta utilizada para designar a que classe textural pertence o solo analisado (BERTONI & LOMBARDI NETTO, 1999). A análise granulométrica tem, então, como finalidade, quantificar a distribuição de partículas em uma amostra de solo, determinando a distribuição das classes texturais (SILVA, 1996).

As amostras deformadas foram colocadas em bandejas, sendo então deixadas para secagem. Os torrões foram destorroados com rolos de madeira e peneirados (peneira de 2mm), separando a terra fina do chamado esqueleto do solo (raízes e cascalhos). O material retido na peneira foi lavado, secado e pesado e a terra fina usada para a realização da análise granulométrica.

Para a separação de areia, silte e argila foi utilizado o método da pipeta (EMBRAPA, 1997). Onde se adiciona 100ml de água destilada e 10ml de solução normal de hidróxido de sódio a 20g de terra fina seca ao ar (TFSA), agita-se com um bastão de vidro e deixa em repouso durante uma noite. O conteúdo é então transferido para o copo do agitador elétrico, sendo agitado, em média, por 5 minutos para os solos arenosos. Passa-se o conteúdo em uma peneira com malha de 0,053 (n° 270), colocada sobre um funil apoiada em um suporte, tendo abaixo uma proveta de 1000 ml (cujo volume é completado até o aferimento). A suspensão é agitada com um bastão, sendo, em seguida, medida a temperatura da amostra e verificado o tempo de sedimentação da fração argila para 5cm de profundidade. Passado o tempo de sedimentação, uma pipeta é introduzida, para que a suspensão seja coletada, sendo, em seguida, transferida para um Becker e colocada na estufa até que a suspensão evapore.

O material retido na peneira é lavado, sendo, em seguida, colocado em becker e levado para a estufa. Após a secagem, é pesado para que se obtenha o peso da fração areia. A fração é, então, transferida para uma peneira com malha 0,2mm (n° 70), procedendo assim, à separação da areia grossa e da areia fina. As duas frações são, em seguida, pesadas.

Os valores das frações foram calculados de acordo com as seguintes expressões:

$$\% \text{ de argila} = [(\text{peso da argila} + \text{dispersante}) - \text{peso do dispersante}] \times 100 \times "f"$$

$$\% \text{ de areia fina} = \text{peso da areia fina} \times 5 \times "f"$$

$$\% \text{ de areia grossa} = [(\text{peso da areia fina} + \text{peso da areia grossa}) - \text{peso da areia fina}] \times 5 \times "f"$$

$$\% \text{ de silte} = 100 - (\% \text{ de argila} + \% \text{ de areia fina} + \% \text{ de areia grossa})$$

O Fator de Correção da Umidade (F) foi obtido através do Método da EMBRAPA (1997), onde 20g de terra fina seca ao ar (TFSA) são colocadas em um becker de peso conhecido, transferida para a estufa a 105°C e deixada durante uma noite. Após retirar da estufa, a amostra é pesada.

A umidade residual e o fator F foram calculados pelas seguintes expressões:

$$\% \text{ de umidade residual} = (20 - \text{peso da amostra seca a } 105^{\circ}\text{C}) \times 5 = W\%$$

$$\text{Fator F} = 100 / 100 - W\%$$

4.5.2. Densidade Aparente (Dap)

A densidade aparente, de acordo com Kiehl (1979), pode ser definida como sendo a relação existente entre a massa de uma amostra de solo seca a 110°C e a soma dos volumes ocupados pelas partículas e pelos poros. O método utilizado foi o do Anel Volumétrico (EMBRAPA, 1997), com cilindros de PVC rígido. Depois de pesada, a amostra foi colocada em estufa. Após um período entre 24 e 48 horas, a amostra foi retirada da estufa e novamente pesada.

A densidade aparente da amostra foi calculada pela seguinte expressão:

$$\text{Densidade aparente (g/cm}^3\text{)} = \frac{P_s}{V_t}$$

Onde,

P_s = peso da amostra seca.

V_t = volume total.

4.5.3. Porosidade Total, Macroporosidade e Microporosidade.

Para a determinação da porosidade total, micro e macroporosidade foi utilizado o método da Mesa de Tensão (EMBRAPA, 1997). É fundamental o emprego de amostras com estrutura indeformada, para que não haja alterações na porosidade.

A amostra volumétrica em anel com volume conhecido é colocada (com uma das faces do anel envolta por um pedaço de tecido preso por um elástico, de modo a obter perda mínima de material) em uma bandeja com água até dois terços da altura do anel, durante uma semana, para que a amostra pudesse saturar. Após a saturação, a

amostra foi pesada (P1) e colocada sobre a mesa de tensão, durante o período de 96 horas, sob uma tensão de 60 cm de água (OLIVEIRA e PAULA, 1983), suficiente para remover a água existente nos macroporos.



Figura 31: Amostras indeformadas sob processo de saturação antes de serem levadas para a mesa de tensão para a determinação da macroporosidade e da microporosidade.

A mesa de tensão, segundo Kiehl (1979), constitui-se de uma mesa de madeira com tampo de vidro, tendo um furo central que se comunica com um tubo plástico transparente, e este, por sua vez, estará conectado a um frasco cheio com água. O frasco liga-se a uma torneira, que fornecerá água à mesa, tendo ainda um tubo por onde sairá o ar, e na sua lateral, um tubo de descarga. A altura da coluna de água que exerce a sucção é de 60cm. Sobre a mesa coloca-se uma tela de náilon e, acima dela, uma folha de papel mata-borrão.



Figura 32: Mesa de tensão para onde as amostras indeformadas são levadas após a saturação para a determinação da macroporosidade e microporosidade.

Para preparar o aparelho, fecha-se a saída de ar, abrindo a torneira para a água encher o frasco e subir pela tubulação até sair na mesa. Coloca-se a tela, o papel mata-borrão e comprime-se com um rolo para remover as bolhas de ar existentes, repetindo a operação até que não haja mais bolhas de ar na tubulação. Em seguida, coloca-se as amostras na mesa. A mesa deve funcionar de modo a manter a coluna de água, sem que haja entrada de ar na tubulação.

Após o período necessário, as amostras foram retiradas da mesa, pesadas (P2) e colocadas em seguida na estufa a 110°C, durante 24 horas. Ao retirar da estufa pesou-se novamente as amostras, obtendo o peso seco (P3). Com os valores P1, P2, P3 e do volume do anel, obteve-se a porosidade total, micro e macroporosidade e o coeficiente de aeração do solo, segundo as expressões abaixo:

Porosidade total:

$$N (\%) = \frac{P1 - P3}{Vt} (x 100)$$

Microporosidade:

$$N_{\text{micro}}(\%) = \frac{P2 - P3}{V_t} \times 100$$

Macroporosidade:

$$N_{\text{macro}}(\%) = \frac{P1 - P2}{V_t} \times 100$$

Onde V_t corresponde ao volume total da amostra

4.6. Propriedades Químicas

Na caracterização das propriedades químicas do solo foram utilizados os mesmos procedimentos de retirada das amostras, já mencionados anteriormente para a realização da análise das propriedades físicas. O objetivo foi realizar a amostragem do teor de matéria orgânica, avaliação do pH do solo, soma de bases e saturação por alumínio encontrado nas amostras retiradas em cada uso cobertura proposto no presente estudo.

4.6.1. Matéria orgânica

Para a verificação do teor de matéria orgânica do solo foi utilizado o método da queima do carbono orgânico em meio ácido (Figura 33 e 34), conforme o manual da EMBRAPA (1999). Pesou-se 0,25g de TFSA (macerada e peneirada 80 mesh) no erlenmeyer de 250ml. Em seguida, adicionou-se 20 ml da solução de dicromato de potássio. Aqueceu-se a solução em uma placa elétrica, até levantar fervura, durante 5 minutos. Quando frio, juntou-se 100 mL de água deionizada, e foram separados 50 ml dessa solução. A estes 50ml acrescentado 1 ml de ácido ortofosfórico e 3 gotas do indicador difenilamina a 10 g/l e esta solução é levada para o agitador. Deixa-se o titular, com solução de sulfato ferroso amoniacal, pingar lentamente até que a queima da matéria orgânica ocorra, mudando com isto, a coloração azulada da solução de solo para uma coloração verde.

Neste princípio o que ocorre é a oxidação da matéria orgânica via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico, empregando-se como fonte de energia o calor despreendido do ácido sulfúrico e/ou despreendimento. O excesso de dicromato após a oxidação é titulado com solução padrão de sulfato ferroso amoniacal (sal de Mohr). O procedimento é ilustrado nas figuras 33, 34 e 35.



Figura 33: Solução de dicromato de potássio e sulfato de prata descansando.



Figura 34: Solução de dicromato de potássio e sulfato de prata sendo aquecida

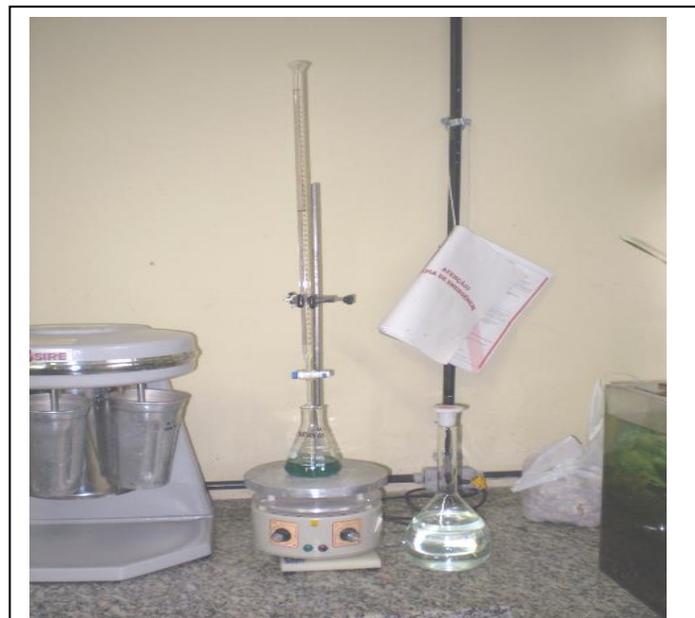


Figura 35: Titulação da amostra com sulfato ferroso amoniacal de 0,1 N.

4.6.2. Potencial de Hidrogênio (pH)

A determinação do pH realizou-se em água (H₂O) e KCL, segundo EMBRAPA (1999), através de procedimentos simples; pesar 10g de TFSA em copo descartável, adicionar 25 ml de água deionizada ou KCL, homogeneizar com bastão e aguardar aproximadamente 1 hora para a reação ser efetuada na solução de solo. Após o período, homogeneizar novamente cada amostra de solução e confrontá-la com um eletrodo-padrão de hidrogênio ou com um outro eletrodo que tenha função semelhante, aqui se usou o phmetro QUIMIS® pH Metro Microprocessado Q400MT.

A análise do pH feita em água e em cloreto de potássio mede o índice de acidez do solo. O pH em água pode ser correlacionado com pH em KCl para se saber qual é a carga líquida que predomina nos colóides (carga negativa, nula, positiva) encontrando-se assim os valores do Delta (Δ) pH.

$$\text{Delta pH} = \text{pHKCl} - \text{pHH}_2\text{O}$$

Onde,

pH KCl = pH em cloreto de potássio.

pH H₂O = pH em água.

4.6.3 Concentração de Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg)

A concentração do Ca e Mg no extrato é obtido por:

$$\text{Ca, Mgsolúveis (cmolc / l)} = \frac{\text{L x diluição x 0,1}}{\text{Equivalente em Peso}}$$

L = mg/l Ca e Mg no extrato

Equivalente Peso = (Ca = 20,0, Mg = 12,2)

4.6.4. Concentração de Sódio (Na) e Potássio (K)

A concentração do Na e K no extrato é obtido por:

$$\text{Na, K solúveis (cmolc / l)} = L \times \text{diluição} \times f \text{ Na, K} \times 0,1$$

L = leitura da amostra.

4.6.5. Fósforo Assimilável (P)

A concentração do P assimilável no extrato é obtido por:

$$P \text{ (mg/ kg)} = L \times F_p \times 10$$

L = leitura da amostra.

F_p = é o coeficiente angular da reta que se obtém, cruzando-se os valores de concentração de fósforo (mg/kg).

4.6.6. Calculo do valor S

O cálculo do valor S, referente a soma de bases trocáveis, é obtido por:

$$S = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^{+} + \text{Na}^{+}$$

4.6.7. Acidez Trocável

A determinação da acidez trocável foi realizada na Embrapa Solos através utilização de soluções não tamponadas de sais neutros como o KCl que não produzem acidez por dissociação de radicais carboxílicos (H⁺), e assim o H⁺ + Al³⁺ determinados correspondem às formas trocáveis.

A determinação é feita titulando-se com NaOH em presença de fenolftaleína como indicador.

$$\text{Acidez trocável (cmolc /kg)} = V \times \frac{N \times 100}{P}$$

Onde,

V = volume de NaOH gastos na titulação.

N = normalidade do NaOH.

p = peso da amostra em g.

4.6.8. Percentagem de Saturação de bases (Valor V)

Calcula-se o valor de saturação por bases (V), expressa em porcentagem, dividindo-se a soma de bases (S) pela capacidade de troca de cátions (T ou CTC), ou seja:

$$V\% = 100S/T$$

Onde,

$$S = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+} + Na^{+}$$

$$T = S + Al^{3+} + H^{+}$$

Esse cálculo é realizado para representa a participação das bases trocáveis em relação ao total de cátions no complexo. Este valor é utilizado para a caracterização de solos eutróficos e distróficos.

4.6.9. Percentagem de Saturação com Alumínio

A percentagem de saturação com alumínio é dada pela seguinte expressão:

$$m\% = 100 Al^{3+} / (S+Al^{3+})$$

Onde,

$$S = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+} + Na^{+}$$

O valor encontrado determina a relação empregada na separação de classes de solo quanto ao caráter álico.