

**UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
MESTRADO PROFISSIONAL - TECNOLOGIA EM  
AQUICULTURA CONTINENTAL**

**PERMEABILIDADE DO SOLO SUBMETIDO A DIFERENTES GRAUS DE  
COMPACTAÇÃO EM FUNDO DE VIVEIRO ESCAVADO PARA AQUICULTURA**

**MARCOS ALVES DA SILVA**

Goiânia - GO

2009

**MARCOS ALVES DA SILVA**

**PERMEABILIDADE DO SOLO SUBMETIDO A DIFERENTES GRAUS DE  
COMPACTAÇÃO EM FUNDO DE VIVEIRO ESCAVADO PARA AQUICULTURA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional – Tecnologia em Aquicultura Continental, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Tecnologia em Aquicultura Continental.

**Orientadora:** Profa. Dra. Maria Eloísa Cardoso da Rosa

**Co-Orientador:** Prof. Dr. Tule César Barcelos Maia

Goiânia - GO

2009

**MARCOS ALVES DA SILVA**

**PERMEABILIDADE DO SOLO SUBMETIDO A DIFERENTES GRAUS DE  
COMPACTAÇÃO EM FUNDO DE VIVEIRO ESCAVADO PARA AQUICULTURA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional – Tecnologia em Aquicultura Continental, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Tecnologia em Aquicultura Continental.

Data da aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

Profa. Dra. Maria Eloisa Cardoso da Rosa/UCG  
(Presidente da Banca)

---

Prof. Dr Tule César Barcelos Maia/UCG  
(Avaliador Interno)

---

Profa. Dra. Vladia Correchel/UFG  
(Avaliador Externo)

## **Dedicatória**

Dedico este trabalho a meus familiares,

Pelo apoio.

## **Agradecimentos**

Ao Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA) na pessoa do Ministro Altemir Gregolin e ao Deputado Federal Pedro Wilson Guimarães, que não mediram esforços na viabilização do curso.

Ao Sr. Adilon de Souza, presidente da Associação Brasileira de Aquicultura (ABRAq), que me proporcionou a oportunidade do curso.

A amiga de mestrado Maria de Fátima Vieira, pela a sua persistência e determinação.

A todos os professores do Mestrado Profissional em Tecnologia em Aquicultura Continental, que contribuíram para a conclusão do curso.

À Profa. Dra. Maria Eloisa Cardoso da Rosa, pela dedicação, empenho, competência e orientação por todo o período do curso.

Aos amigos de trabalho, Luiz César Gandolfi, e Selma Portilho, pela compreensão, durante esse período.

Aos Drs. Ailton Vitor Pereira e Elaine Barbosa Carvalho Pereira, pela valiosa colaboração nas análises estatísticas.

Aos meus colegas e amigos de mestrado e EMATER, pelo compartilhamento de todas as lutas.

Aos Srs. Divino Gabriel Lima, Thiago Monteiro e Flávio Augustos do Laboratório de Engenharia (UCG), Thawber Henrique Castro Ferreira, graduando de Zootecnia - UCG, pela colaboração durante o experimento.

Aos meus pais, irmãos, tias e primos, que sempre me deram apoio e compreenderam minha falta por algumas vezes.

Às mulheres da minha vida: Fernanda - esposa, Carolina e Isabela - filhas, pela compreensão e apoio.

E a todos que de alguma forma me ajudaram a cumprir mais esta etapa.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>VII</b>
<b>TABELA DE FIGURAS.....</b>	<b>VIII</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>X</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XI</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>4</b>
2.1. Água .....	4
2.2. Água no Solo .....	4
2.3. Solos.....	7
2.4. Identificação e Classificação dos Solos .....	8
2.5. Solos para viveiros.....	10
2.6. Construção de viveiros .....	11
2.7. Estabilização de solos .....	12
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>17</b>
3.1. Local e data .....	17
3.2. Preparo do ensaio, delineamento estatístico e tratamentos. ....	18
3.3. Caracterização física do solo.....	22
3.4. Caracterização química do solo.....	28
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>29</b>
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>33</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>34</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>35</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Classificação granulométrica do solo com base na ABNT e SiBCS .....	10
Tabela 2	Caracterização química do solo coletado a 1,5 m de profundidade em fundo de viveiro escavado no campus II da UCG-Goiânia, GO.....	29
Tabela 3	Caracterização física do solo coletado a 1,5 m de profundidade em fundo de viveiro escavado no campus II da UCG-Goiânia, GO, onde se expressa o limite de liquidez (LL), limite de plasticidade (LP) e massa específica (ME).....	29
Tabela 4	Valores médios de permeabilidade do solo (k), densidade do solo (DS) e porosidade total do solo (PT) obtidos a partir de três repetições de um solo submetido a diferentes níveis de compactação: solo natural, sem compactação (SN), solo compactado com três passadas (SC3), com seis passadas (SC6) e nove passadas (SC9) do compactador de percussão, respectivamente, e solo compactado adicionado à mistura solo cimento (SCC).....	30
Tabela 5	Estimativa do custo proporcional de execução dos tratamentos SC9 e SCC para 1000m <sup>2</sup> de viveiro escavado .....	32

## TABELA DE FIGURAS

Figura 1	Distribuição dos poros e da água dos solos .....	05
Figura 2	Valores do coeficiente de permeabilidade (K), expresso em $\text{cm.s}^{-1}$ .....	06
Figura 3	Esquema de viveiro escavado .....	12
Figura 4	Compactador de percussão elétrico em atividade no ensaio...	13
Figura 5	“Lay-out” dos viveiros em construção sobre imagem: <i>Google Earth</i> , (out/2008), evidenciando a área do ensaio..	17
Figura 6	Vista do ensaio no fundo do viveiro escavado .....	18
Figura 7	Extrator de aço para a coleta de amostras indeformadas de solo utilizadas para a determinação da permeabilidade do solo .....	19
Figura 8	Representação da lateral do permeômetro de carga variável..	20
Figura 9	Sequência da coleta e preparo do material para análise de densidade do solo e porosidade total.....	22
Figura 10	Esquema de peneiras para separação de partículas de diferentes tamanhos .....	24
Figura 11	Limite de liquidez, aspecto da ranhura .....	26
Figura 12	Permeabilidade do solo sob diferentes níveis de compactação: solo sem compactação (SN); solo compactado com três passadas (SC3); solo compactado com seis passadas (SC6); mistura solo-cimento (6,6%) compactado com três passadas (SCC) e solo compactado com nove passadas (SC9) do compactador de percussão, respectivamente, para todos os cincos. Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey de 5% de probabilidade. Coeficiente de variação = 36.886 %.....	31
Figura 13	Permeabilidade do solo sob diferentes níveis de compactação: solo compactado com três passadas (SC3); solo compactado com seis passadas (SC6); mistura solo-cimento (6,6%) compactado com três passadas (SCC) e solo compactado com nove passadas (SC9) com compactador de percussão. Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey de 5% de probabilidade. Coeficiente de variação = 7.359 %.....	31



S586p

Silva, Marcos Alves da.

Permeabilidade do solo submetido a diferentes graus de compactação em fundo de viveiro escavado para aqüicultura / Marcos Alves da Silva. – 2009.

32 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Católica de Goiás, Mestrado Profissional em Aqüicultura Continental, 2009.

“Orientadora: Profa. Dra. Maria Eloisa Cardoso da Rosa”.

“Co-orientadora: Prof. Dr. Tule César Barcelos Maia”.

1. Solo – permeabilidade – viveiro aquícola. 2. Aqüicultura – solo – permeabilidade. 3. Viveiro escavado – compactação – grau – aqüicultura. I. Título.

CDU: 639.3:631.4(043.3)

## RESUMO

A atividade aquícola, por se tratar de uma fonte de proteína de baixo custo, vem ocupando seu espaço a cada dia. Com isso, há um aumento na utilização da água o que tem gerado maiores perdas desse recurso natural, quando usado de forma irracional. Variáveis do solo devem ser estudadas, como instrumentos para minimizar essas perdas, favorecendo o uso racional desses recursos naturais. Esse ensaio foi realizado em um Latossolo Vermelho Amarelo argiloso em fundo de viveiro escavado para a aquíicultura e teve como objetivo avaliar três repetições da permeabilidade do solo ( $k$ ), e quatro repetições da densidade do solo (DS) e da porosidade total do solo (PT) submetidos a diferentes níveis de compactação: solo sem compactação (SN); solo compactado com três (SC3), seis (SC6) e nove (SC9) passadas, respectivamente, do compactador de percussão e ainda três passadas do compactador de percussão sobre a mistura de solo-cimento na proporção de 6,6% (SCC). A testemunha foi o solo natural retirado em trincheira a 1,5m de profundidade. Conclui-se que pelo teste Tukey (5%), as variáveis DS e PT apresentaram diferença significativa entre o tratamento SN e os tratamentos SC3, SC6, SC9 e SCC sendo estatisticamente iguais os tratamentos SC3, SC6, SC9 e SCC quando comparados entre si; para a variável K, apresentaram diferença significativa os tratamentos SN, SC3 e SC6 sendo estatisticamente iguais os tratamentos SC9 e SCC; considerando o custo do tratamento SCC como 100%, o tratamento SC9 foi equivalente a 7% desse custo, demonstrando sua viabilidade econômica.

Palavras-chave: Permeabilidade do solo; Aquíicultura; Viveiros escavados.

## ABSTRACT

Aquaculture activity, that's a source of protein with low cost, fills your space every day. Thus, there is an increase in water use which has caused major losses of this natural resource, when used irrationally. Soil variables should be studied, as instruments to minimize these losses, encouraging the rational use of these natural resources. This test was conducted in a Yellowish-red clayey Latosol in deep Nursery excavated for aquaculture aimed to evaluate three repetitions of soil permeability (k) and four repetitions of the density (SD) and total soil porosity (TP) under different levels of compression: uncompressed soil (SN), compacted soil with three (CS3), six (CS6) and nine (CS9) footfalls, respectively, of the compactor drum and three footfalls of this compactor on mixture of soil-cement at a rate of 6.6% (SCC). The witness was the native soil removed from the trench 1.5 m deep. Was concluded that the Tukey test (5%), the variables SD and TP showed significant differences between the treatment SN and treatments CS3, CS6, CS9 and SCC was statistically equal the treatment CS3, CS6, CS9 and SCC when compared with each other; for the variable K, showed a significant difference the treatments SN, CS3 and CS6 was statistically equal the treatments CS9 and SCC, considering the cost of treating SCC as a 100%, the treatment CS9 was equivalent to 7% of this cost, demonstrating its economic viability.

**Keywords:** Permeability Soil; Aquaculture; Nurseries excavated

## 1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial não só para a satisfação das necessidades humanas básicas como para o desenvolvimento de atividades econômicas e para todos os ecossistemas globais.

Há uma expectativa de que nos próximos anos a aquicultura seja responsável por mais de 50% de toda a produção mundial de alimentos de origem aquática (OSTRENSKY & BORGHETTI, 2006). Isso demonstra que a aquicultura vem crescendo num ritmo maior que os outros setores de produção de alimentos de origem animal (FAO, 2009).

O potencial do Brasil para o desenvolvimento da aquicultura é imenso, seja por seus 8.400 km de costa marítima ou 5.500.000 hectares de reservatórios de água doce (o que equivale a aproximadamente 12 % da água doce disponível no planeta) associados ao clima extremamente favorável para o crescimento dos organismos cultivados, às áreas disponíveis e ainda relativamente baratas na maior parte do país, à mão-de-obra abundante e a crescente demanda por pescado no mercado interno (SEAP, 2009).

A aquicultura, para confinar organismos aquáticos em ambientes artificiais com adensamento considerado, tende a promover alterações na qualidade dessa água de confinamento e no consumo. Consequentemente faz-se necessário a estabilização dos níveis de qualidade da mesma para a devolução aos mananciais naturais. Portanto, é importante que se obtenha um nível de impermeabilidade do solo nos fundos de viveiros escavados de modo a permitir uma diminuição das perdas por infiltração e minimização do impacto na qualidade da água subterrânea. Inúmeros fatores podem estar envolvidos no controle da infiltração de água sendo a natureza da barreira impermeabilizante uma das variáveis que pode limitar e controlar a migração de contaminantes.

A atual conjuntura socioeconômica marcada pela globalização dos mercados cada vez mais competitivos exige maior eficiência e qualidade nos processos e no desempenho dos sistemas produtivos. Essas exigências demandam o desenvolvimento/adaptação de técnicas produtivas que contemplem os aspectos tanto socioeconômicos quanto ambientais.

Dentre elas a compactação do fundo do viveiro é de importância considerável, uma vez que se relaciona diretamente com o volume de água disponível;

contaminação do lençol freático com resíduos e dejetos dos animais ali confinados, e estruturação física dos viveiros, onde as ações devem ser bem planejadas, pois disso depende a sustentabilidade do sistema.

O solo tem sido estudado por diversos ramos da ciência como a agricultura, a geologia e a engenharia sendo que para cada uma dessas áreas tem desenvolvido classificações próprias para finalidades científicas ou pragmáticas (PASTORE & FORTES, 1998).

O estudo de alternativas de controle da permeabilidade em fundo de viveiro escavado é de grande importância, uma vez que a água é um recurso natural não renovável e muitas das vezes fator limitante em volume. Seu mau uso pode contribuir com externalidade negativa ao meio ambiente.

Apesar da importância da impermeabilidade em fundo de viveiros escavados, é comum em propriedades rurais a atividade aquícola ser implantada somente utilizando-se da escavação. Isso tem levado a um grande consumo da água, muitas vezes inviabilizando a continuidade do empreendimento, além de propiciar problemas ambientais.

Este trabalho teve como objetivo avaliar as variáveis: permeabilidade do solo ( $k$ ), a densidade do solo (DS) e a porosidade total do solo (PT) submetido, pelo compactador de percussão, a diferentes níveis de compactação. O ensaio foi realizado em áreas delimitadas no fundo de um dos viveiros escavados na Universidade Católica de Goiás, no município de Goiânia, que na ocasião encontrava-se em reforma. As variáveis foram avaliadas para os tratamentos: solo sem compactação (SN); solo com compactação após três passadas do compactador de percussão (SC3); solo com compactação após seis passadas do compactador de percussão (SC6); solo com compactação após nove passadas do compactador de percussão (SC9) e solo com compactação após três passadas do compactador de percussão depois de a mistura do solo-cimento na proporção de 6,6% (SCC) na camada 0 – 20 cm no fundo do viveiro escavado.

Conclui-se que pelo teste Tukey (5%), as variáveis DS e PT apresentaram diferença significativa entre o tratamento SN e os tratamentos SC3, SC6, SC9 e SCC sendo estatisticamente iguais os tratamentos SC3, SC6, SC9 e SCC quando comparados entre si; para a variável K, apresentaram diferença significativa os tratamentos SN, SC3 e SC6 sendo estatisticamente iguais os tratamentos SC9 e

SCC; considerando o custo do tratamento SCC como 100%, o tratamento SC9 foi equivalente a 7% desse custo, demonstrando sua viabilidade econômica.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Água**

O Brasil conta com grande disponibilidade de água e, mesmo reconhecendo que essa condição não é homogênea em seu território, não se pode abdicar do uso sustentável deste patrimônio para alavancar o seu desenvolvimento socioeconômico e cultural (ANA, 2008).

Conforme instituída a Lei n. 9.433 de 1997 (ANA, 2008) a cobrança pelo uso da água tem o objetivo de estimular o uso racional da água e gerar recursos financeiros para preservar e recuperar as bacias hidrográficas. Faz-se importante não confundir esse instrumento de gestão com um imposto, uma vez que este se refere a um preço público fixado a partir de um pacto entre os usuários de água, a sociedade civil e o poder público, no âmbito do comitê de bacia.

No que trata o Art. 27 do CONAMA (2008), a aplicação e disposição de efluentes e de resíduos no solo deverão observar os critérios e exigências definidos pelos órgãos competentes e não poderão conferir as águas subterrâneas características em desacordo com o seu enquadramento.

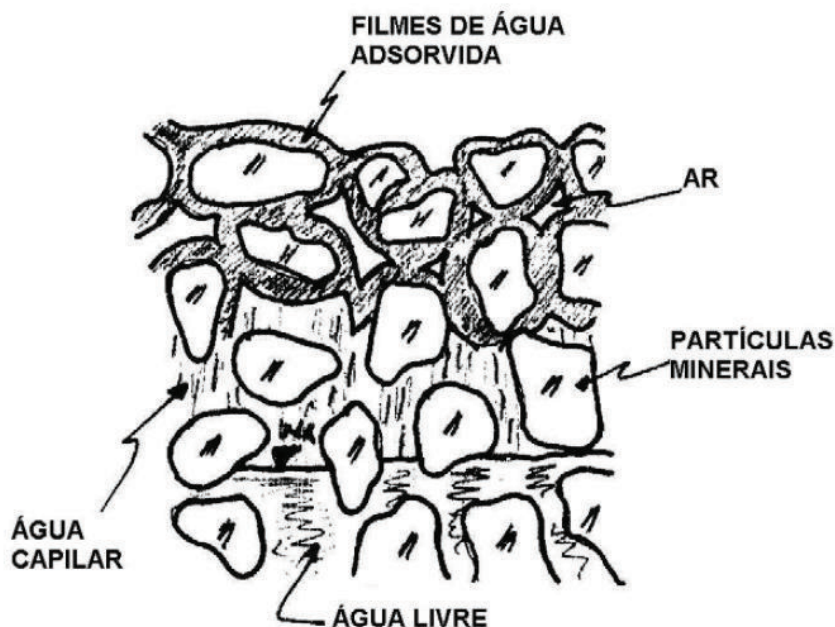
### **2.2. Água no Solo**

Pinto (2002) afirma que, a água ocupa a maior parte ou a totalidade dos vazios do solo. Submetida a diferentes potenciais, se desloca no solo. O estudo da percolação da água no solo é muito importante porque ela intervém num grande número de variáveis práticas, que podem ser agrupadas em três tipos:

- No cálculo das vazões, como por exemplo, na estimativa da quantidade de água que se infiltra numa escavação;
- Na análise de recalques, relacionado com diminuição de índice de vazios que ocorre pela expulsão da água desses vazios e;
- Nos estudos de estabilidade, porque a tensão efetiva (que comanda a resistência do solo) depende da pressão neutra, que, por sua vez, depende das tensões provocadas pela percolação da água.

O movimento da água no solo é controlado por diferentes forças atuantes no sistema: gravitacional e capilar. De acordo com o tamanho do poro (Figura 1), a

água pode ser higroscópica (adsorvida) e praticamente imóvel, capilar quando sofre ação da tensão superficial movendo-se lentamente ou gravitacional (livre) em poros maiores, que permitem movimento mais rápido (KARMANN, 2001).



**Figura 1:** Distribuição dos poros e da água dos solos

**FONTE:** (BASTOS, sd)

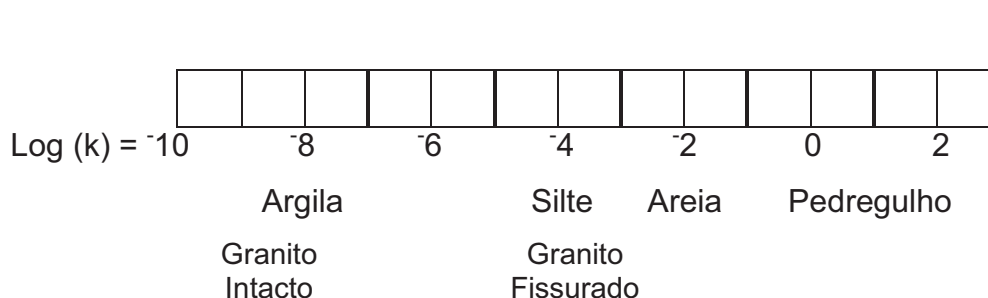
O coeficiente de permeabilidade ou coeficiente de Darcy é definido como velocidade de infiltração da água em um solo saturado, quando se tem um escoamento com perda de carga unitária a uma certa temperatura (GARCEZ, 1999). Já para Karmann (2002) é a capacidade em permitir o fluxo de água através dos poros dependendo de seus tamanhos e da conexão entre eles.

MASSAD (2003) afirma que em 1856, Darcy propôs a seguinte relação, com base no seu clássico experimento com permeâmetro;

$Q = K \cdot i \cdot A$ , onde  $Q$  representa a vazão da água em ( $\text{cm}^3 \cdot \text{s}$ );  $i$  equivale ao gradiente hidráulico, isto é a perda de carga total por unidade de comprimento,  $A$  se refere à área da seção transversal do permeâmetro em ( $\text{cm}^2$ ) e  $K$  diz respeito ao coeficiente de permeabilidade do solo em ( $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$ ), que mede a resistência “viscosa” ao fluxo de água e varia numa faixa muito ampla de valores (Figura 2). Este fato, acrescido à sua grande variabilidade para um mesmo depósito de solo, torna sua determinação experimental problemática: é quase um parâmetro não-mensurável.



Ou em muitas circunstâncias, o máximo é quando se conhece sua grandeza, isto é, o expoente de 10.



**Figura 2:** Valores do coeficiente de permeabilidade (K), expresso em  $\text{cm.s}^{-1}$

Há uma complicação a mais para solos granulares como as areias grossas. Com diâmetros iguais ou maiores que dois milímetros, o fluxo é turbulento e o fluxo só é laminar para os solos na faixa granulométrica entre as areias grossas e as argilas.

Quanto à porosidade, Karmann (2001) afirma que é uma propriedade física definida pela relação entre o volume de poros e o volume total de um certo material. Para Jiménez Salas & De Justo Alpañés (1975) é a fração do volume ocupada pelos poros, tanto com água como com ar.

Salas & Alpañés (1975) afirmam que podemos indicar que o cumprimento da lei de Darcy parece ser a regra. Mas existem algumas exceções, especialmente na passagem da água por solos de montmorilonita sódica (bentonita), pois, parece existir uma força de gradiente hidráulico por baixo da qual não há fluxo. Essa força aumenta ao diminuir a umidade do solo e a temperatura. Afirmam ainda que esse fenômeno é de enorme interesse prático, pois os gradientes hidráulicos que aparecem na natureza são muito inferiores aos empregados nas técnicas de laboratório.

Viana et al. (2004), estudando o ciclo de umedecimento e secagem de Latossolos quanto à reorganização da estrutura microgranular, definiram que a moagem e a destruição dos agregados provocam mudanças no padrão de estrutura após ciclos de umedecimento e secagem. No material saturado, o espaço entre os agregados encontra-se completamente preenchido por água e a força de atração é zero. Com a perda de água, ocorre a formação do menisco com raio negativo, que causa o surgimento de uma força capilar de atração. Essa tensão fornece a energia para o deslocamento e a acomodação por deslizamento e translação dos

agregados. A tração resultante sobre a massa de agregados provoca então a ruptura e o fendilhamento, o que não é corrigido com o novo umedecimento.

POTT & DE MARIA (2003) comparam quatro métodos para determinação da (VIB) velocidade de infiltração básica em Latossolo textura argilosa, Latossolo textura média e Argissolo textura arenosa/média, ambos em área cultivados com plantio direto, onde conclui que métodos do permeâmetro e do infiltrômetro de pressão mostraram que a infiltração de água foi conduzida pelo arranjo das partículas do solo, mensuráveis por meio de propriedades, tais como: a densidade do solo e a porosidade total, enquanto que o método do infiltrômetro de aspersão teve o processo de infiltração governado pela cobertura do solo variando entre 57,70 e 74,84 mm e pelos teores de silte e areia grossa.

### **2.3. Solos**

O solo constitui um substrato essencial para a biosfera terrestre e contribui num sistema complexo e interativo, para regularizar o ciclo hidrológico e condicionar a quantidade e qualidade da água, por meio da sua capacidade de transformação, filtro e tampão. Desempenha igualmente funções ecológicas essenciais, pois é o habitat de uma enorme variedade de organismos que vivem no seu interior e à sua superfície, todos eles com padrões genéticos únicos. Além disso, o solo serve de plataforma para as atividades humanas, incluindo a produção alimentar, sendo também um elemento da paisagem e do patrimônio cultural (REA/MCOTA, 2003).

O solo participa ativamente da atenuação de muitos mais não todos, contaminantes da água subterrânea (HIRATA, 2001) e a permeabilidade (ou condutividade hidráulica) é uma das grandezas pedológicas que mais diz respeito aos processos dinâmicos nos vazios do solo (OTTONI FILHO, 2003).

O solo representa o conjunto de partículas sólidas e de espaços ou poros (ocupados com ar e água). As partículas sólidas que compõem o solo variam quanto à composição mineral, tamanho, formato, granulometria, entre outras características. Do ponto de vista da engenharia, a seleção dos locais para a construção de viveiros deve ser baseada na compatibilidade dos solos que servirão como fundação e como material para a construção dos diques (ONO & KUBITZA, 2002), A identificação do solo deverá ser o início do processo de classificação, realizada tanto em campo quanto no laboratório, precedendo a todo e qualquer ensaio que se pretenda realizar

sobre o solo. A identificação pode ser feita através de testes visuais e tácteis, rápidos e específicos a cada tipo de solo (ALMEIDA, 2005)

Segundo Dufranc et al. (2004), quando uma partícula seca de argila é umedecida com água, há interação entre as moléculas de água e a superfície das argilas. Algumas moléculas de água são adsorvidas pela superfície das argilas por pontes de hidrogênio e outras moléculas de água são adsorvidas por íons. Assim ocorre a hidratação de íons, que resulta, em alguns casos, na dissociação de íons e argilas. O mesmo autor diz ainda que pode-se esperar baixa estabilidade de agregados em solos com altos teores de areia fina, da mesma forma que se pode esperar alta estabilidade de agregados em solos com alto teor de argila.

Já Silva & Cabeda (2006) afirmam que quando a umidade do solo aumenta, filmes de água reduzem a fricção entre as partículas do solo, agindo como lubrificante e favorecendo o rearranjo das partículas, que é importante no processo de compactação de solo.

#### **2.4. Identificação e Classificação dos Solos**

As primeiras sociedades humanas pouco ou nada devem ter refletido sobre a origem e a natureza do solo. Para estes, o solo era algo que fornecia suporte para a colheita, além da movimentação e habitação. Desde então, uma série enorme de preocupações tem proporcionado ao homem o exercício de estabelecer um conceito sobre o que realmente seja o solo e de como ele pode ser melhor utilizado para o seu proveito, não importa para que fim. Tudo começou pela China, que fez a mais antiga classificação dos solos para diferentes culturas. Mais tarde, outras civilizações, como a egípcia, a grega e a romana, também reconheceram a existência de diversos tipos de solos, possuindo atributos específicos não só para a produção agrícola, mas também para a construção civil (GUSMÃO FILHO, 2008).

No Brasil, o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) começou a ser estruturado em 1979, através de aproximações (documentos de trabalho), num total de quatro, sendo concluído e publicado pela Embrapa a primeira versão em 1999. Os estudos e verificações de campo mostraram que o SiBCS deu resultados práticos, porém, como todo sistema de classificação é dinâmico, este foi revisado e aperfeiçoado resultando na versão do SiBCS de 2006.

O atual sistema consta de treze classes de solos distribuídas em diferentes áreas do território nacional, sendo amplamente utilizado pelas áreas de ciências agrárias. No Cerrado predominam os Latossolos que recobrem sua área em aproximadamente 46%. São solos profundos, ácidos, permeáveis, de textura variável, estruturas granulares muito pequenas, altamente intemperizados, com mineralogia da fração argila predominantemente constituída de óxidos de ferro e caulinita. Estão no Cerrado, associados a relevo plano ou a suave ondulado o que o tornam alvo da exploração agropecuária (EMBRAPA, 2006).

Na engenharia, a classificação dos solos tem grande importância, sendo que os problemas da mecânica dos solos devem partir da identificação do material a ser trabalhado Vargas (1981).

A identificação de um solo é feita a partir das partículas que o constituem. A diversidade do tamanho dos grãos é imensa sendo freqüente que os grãos de areia estejam envoltos por quantidade de partículas argilosas de dimensão muito fina, apresentando o mesmo aspecto de um conglomerado feito só de argila, justificando a necessidade do emprego de ensaios de laboratório, a análise granulométrica e os índices de consistência na identificação (GUSMÃO FILHO, 2008).

Utilizam como critérios para classificar e identificar os solos os seguintes ensaios básicos:

a) Granulometria que é feita em geral por peneiramento e sedimentação e os limites das classes texturais são diferentes quando usados pela engenharia e pela geologia e pedologia. Os engenheiros usam a classificação (Tabela 1) feita pela Associação de Normas Técnicas (ABNT - NBR7181/1984), enquanto que os geólogos e pedólogos usam o Sistema Brasileiro de Classificação do Solo (SiBCS).

b) Limites de umidade do solo: são os limites de liquidez (*LL*) (NBR-6459) e o de plasticidade (*LP*) (NBR-7180), ou seja quando se tem muita água, o solo argiloso se comporta como um líquido. A medida que este vai perdendo parte dessa água, tende a tornar-se plástico, até que fica quebradiço, sendo o *LL* a passagem de líquido para plástico e o *LP* passagem plástico para quebradiço (GUSMÃO FILHO, 2008).

**Tabela 1:** Classificação granulométrica do solo com base na ABNT e SiBCS

<b>FRAÇÃO</b>	<b>ABNT</b> --- Ø ---	<b>FRAÇÃO</b>	<b>SiBCS</b> --- Ø ---
Matacão	De 25 cm a 1m		
Pedra	De 7,6 cm a 25 cm		
Pedregulho	De 4,8 a 7,6 mm		
Areia Grossa	De 2 a 4,8 mm		
Areia Média	De 0,42 a 2 mm		
Areia Fina	De 0,05 a 0,42 mm	Areia	De 0,05 a 2,0 mm
Silte	De 0,005 a 0,42 mm	Silte	De 0,002 a 0,05 mm
Argila	< 0,005 mm	Argila	< 0,002 mm

**FONTE:** GUSMÃO FILHO (2008).

Marques et al. (2002) afirmam que nem sempre as propriedades hidráulicas sofrem variações à medida que ocorre transição nos horizontes pedológicos no perfil e os atributos morfológicos, como cor e consistência, utilizados na identificação dos horizontes pedológicos do solo, não são eficientes quando o objetivo é caracterizar o solo hidraulicamente.

## **2.5. Solos para viveiros**

Para Carballo et al. (2008) a escolha do local onde se irá implantar o tanque dependerá do tipo de exploração piscícola que se planeja empreender, o tipo de solo, a qualidade e quantidade de água disponível e as necessidades para encher e drenar o tanque.

Uma análise das condições geológicas, topográficas e de classes de solo predominantes torna-se essencial para avaliar a viabilidade técnica da construção do reservatório e os impactos ambientais resultantes da inundação da área a ser coberta pela água (MATOS et al. 2003).

Sendo o solo fator de fundamental importância para seleção de áreas para implantação de projetos de piscicultura em tanques escavados e barramentos, a avaliação em relação à composição do solo deve considerar características como textura e composição química do solo, já que as mesmas influenciarão diretamente a consistência e plasticidade dos mesmos e, por conseguinte, a construção de taludes e operação das unidades de cultivo. Os problemas vão desde a perda de

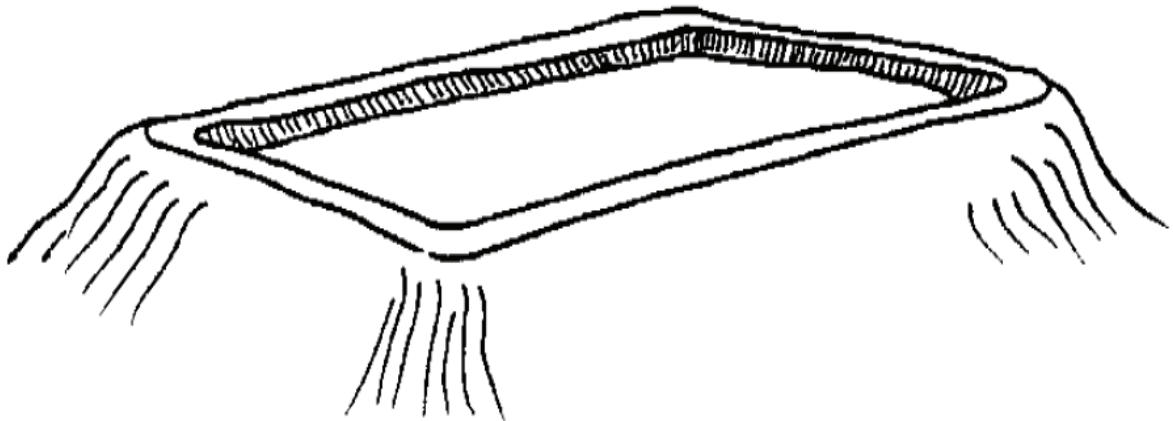
água por infiltração, o risco de rompimento dos taludes, bem como a própria dinâmica química resultante da interface solo-água nos fundos e paredes dos viveiros, trazendo reflexos em termos de pH, alcalinidade, concentração de alumínio, ferro e fósforo, dentre outros relacionados à qualidade de água nesse ambientes (EMBRAPA, 2006; FAO, 2008).

Streck et al. (2008) esclarecem que a qualidade física do solo influencia os seus processos químicos e biológicos e, por consequência, desempenha papel central em estudos sobre qualidade do solo. A qualidade física do solo manifesta-se de várias maneiras: na infiltração, retenção e disponibilização de água para as plantas, na resposta ao manejo e na resistência à degradação, na ocorrência das trocas de calor e de gases com a atmosfera e com o crescimento das raízes das plantas. Essas caracterizações são importantes na área de ciências agrárias.

As propriedades do solo de importância para a engenharia da construção de viveiros escavados resultam da combinação das propriedades de suas partículas e da proporção em que estas se encontram (ONO & KUBITZA, 2002). O material empregado na compactação deve ser isento de impurezas, tais como pedras, elementos orgânicos e outros que possam provocar infiltrações nos viveiros (MARDINI, 2000), pois a infiltração de água em viveiros, é uma das principais vias de perdas de água em uma piscicultura (ONO & KUBITZA, 2002).

## **2.6. Construção de viveiros**

A construção dos viveiros (Figura 3) e das estruturas hidráulicas representam o maior volume de investimento em uma piscicultura. A quantidade de água necessária para suprir uma piscicultura varia com as perdas de água por infiltração e evaporação, com o número de vezes em que os viveiros são drenados no ano, com a renovação de água durante o cultivo, com as estratégias de reaproveitamento da água e com a precipitação (chuva) anual que incorpora água diretamente nos viveiros (ONO & KUBITZA, 2002). Um viveiro bem construído é um bom investimento que pode ser utilizado durante muitos anos (CARBALLO et al., 2008).



**Figura 3:** Esquema de viveiro escavado (CABALLO et al., 2008)

Quando o terreno escolhido para a construção do viveiro apresenta certo grau de permeabilidade, há de se fazer a impermeabilização do piso e taludes do mesmo (SILVA, 1988).

Segundo Guidicini & Nieble (1983) um bom conhecimento do comportamento da água subterrânea é, ao lado dos parâmetros de resistência do maciço estruturado, um dos fatores importante em análise de estabilidade pois a água é o principal agente de fenômenos de instabilização, e os ensaios de laboratórios podem ser entendidos como meio para obtenção desses parâmetros.

## **2.7. Estabilização de solos**

Lollo & Rizzo (2006) relatam que os processos de estabilização de solos são adotados como forma de melhorar as propriedades de um solo ou para lhe conferir um conjunto de propriedades de interesse para certa finalidade. Normalmente, os processos de estabilização visam melhorar a resistência mecânica do solo e reduzir sua permeabilidade. Os tipos de estabilização mais comuns são a mecânica (na qual há mistura de um ou mais materiais, antes da compactação, para aumentar a resistência mecânica do solo) e a estabilização química (na qual se adiciona ao solo uma substância que aumente a sua coesão ou que reduza sua permeabilidade).

Das alternativas de redução da infiltração de água em viveiros escavados destaca-se a compactação:



Entende-se por compactação de um solo, o processo manual ou mecânico que visa reduzir o volume de seus vazios, alterando suas características quanto a resistência, permeabilidade, compressividade e absorção de água (CAPUTO, 1987).

A compactação do solo do fundo e das laterais dos viveiros que são ações importantes e determinantes a serem efetuadas na construção dos mesmos de maneira eficiente e com equipamentos específicos, conforme afirmação de Pereira & Nogueira (1994).

Segundo Fortes (2002) dos tipos de compactação, comumente utilizados a campo, dentre várias maneiras, as mais usuais são:

- Pisoteamento, é uma compactação realizada com rolo pé-de-carneiro dentre outros com o mesmo efeito, onde o mecanismo de compactação se dá de baixo para cima, em camadas com espessura menor que a altura da pata (FORTES, 2002).

- Compactação dinâmica é realizada para pequenas obras, com placa vibratória ou soquete percussão, manual, elétrico e combustão, dentre outros, como (Figura 4).



**Figura 4:** Compactador de percussão elétrico em atividade no ensaio



Explica ainda o mesmo autor, que a umidade do solo está diretamente relacionada com a eficiência dos tipos de compactação.

A densidade do solo representa a relação entre a massa de sólidos e o volume total de uma amostra de solo, ou seja, o volume do solo incluindo o espaço ocupado pela água e pelo ar nos poros do solo (EMBRAPA, 1997).

Nas obras de Engenharia Civil em que o solo participa como principal material de construção, existem situações em que os mesmos não se apresentam com todos os requisitos necessários para a aplicação desejada, necessitando-se, para aproveitamento do solo local, empregar algum processo de estabilização, como por exemplo, a mistura solo-cimento (BASSO et al. 2003).

Desse modo, há outras técnicas para melhorar a estabilidade dos solos. A aplicação de adubos orgânicos para a obstrução dos poros do solo como por exemplo, elevadas doses de esterco de animais (de 25 a 50 toneladas por hectare ou 2,5 a 5,0 toneladas/1000m<sup>2</sup>) que podem auxiliar na redução da infiltração de água nos viveiros, penetrando nos espaços porosos do solo, favorecendo o desenvolvimento de um filme orgânico (bacteriano), reduzindo a infiltração por algum tempo. Nesse caso, a estocagem dos peixes só poderá ser feita após o restabelecimento dos níveis de oxigênio (que poderá levar de 4 a 6 semanas), ou após a drenagem e novo enchimento do viveiro (ONO & KUBITZA, 2002).

O uso de aglomerantes ou os materiais ligantes, em geral pulverulentos, que servem para solidarizar os grãos de agregados inertes, são utilizados na obtenção das argamassas e concretos, em forma de pasta e na confecção de natas, como exemplo cimento e cal, visando melhorar as propriedades do solo, sendo bastante utilizados na construção civil como proteção de taludes em barragens de terra, bases para pavimentos e como camada suporte para fundações. Os aglomerantes hidráulicos são aqueles que endurecem pela ação exclusiva da água, como por exemplo a cal hidráulica e o cimento "*Portland*", através de um processo chamado hidratação.

Cimento "*Portland*" é a denominação convencional mundialmente para o material usualmente conhecido na construção civil como cimento. Trata-se de um pó fino com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que endurece sob ação da água, o qual foi criado por um construtor inglês, Joseph Aspdin, que o patenteou em 1824 (ABCP, 2002).

Há tempos havia no Brasil, praticamente, um único tipo de Cimento Portland. Com a evolução dos conhecimentos técnicos sobre o assunto, foram sendo fabricados novos tipos. A maioria dos tipos de Cimento Portland hoje existentes no mercado servem para o uso geral, alguns deles, entretanto, tem certas características e propriedades que os tornam mais adequados para determinados usos, permitindo que se obtenha um concreto ou uma argamassa com a resistência e durabilidade desejadas, de forma bem econômica (ABCP, 2002).

O uso do solo-cimento e os estudos iniciais sobre essa técnica foram elaborados através de ensaio da *American Society for Testing and Materials* (ASTM) em 1944 e publicados métodos análogos no Brasil pela Associação Brasileira de Cimento Portland. Desde então têm sido realizados refinamentos nestes métodos iniciais e outros pela ASTM, ou utilizando este como comparação a seus resultados (CERATTI E CASANOVA, 1988).

Já Freire (1976) afirmou que a utilização do cimento como agente estabilizador de solos teve início nos EUA em 1916, quando foi empregado para solucionar problemas causados pelo tráfego de veículos de rodas não pneumáticas. Iniciou-se então uma variada utilização para o solo-cimento, a saber: na construção e pavimentação de estradas de rodagens e de vias urbanas, construção de aeroportos e acostamentos, revestimentos de barragens de terra e canais de irrigação, fabricação de tijolos, pavimentação de pátios industriais e de áreas destinadas ao estacionamento de veículos, construção de silos aéreos e subterrâneos, construção de casas e pavimentação de estábulos, além de muitas outras aplicações.

Dentre os tipos de estabilização com aglomerantes (ou química) as mais comuns são a estabilização com cal e com cimento e o principal benefício esperado de tal processo é a redução da condutividade hidráulica, com o menor consumo possível de estabilizante.

Cestelli Guidi (1964) afirma que terras estabilizaram-se com cimento sendo empregado nas fundações das pistas de pouso, nas estradas de tráfego, na superfície para a formação das canalizações de água e como parâmetro das represas de terra.

O solo cimento é o material resultante da mistura homogênea, compactada e curada de solo, cimento e água em proporções adequadas. O produto resultante deste processo é um material com boa resistência à compressão, bom índice de

impermeabilidade, baixo índice de retração volumétrica e boa durabilidade. O solo é o componente em mais volume utilizado para a obtenção do solo-cimento.

Praticamente qualquer tipo de solo pode ser utilizado, entretanto os solos mais apropriados são os que possuem teor de areia entre 45% e 50%. Somente os solos que contêm matéria orgânica em sua composição (solo de cor preta) não podem ser utilizados. O solo a ser utilizado na mistura pode ser extraído do próprio local da obra (ABCP, 2008), o que é vantajoso economicamente, haja visto o custo relativo à transporte, escavação, carga, limpeza da jazida entre outros fatores .

De acordo com o CEPED (1999) a quantidade de cimento a ser dosada deve ser determinada em função das características do solo, do teor de umidade e da densidade do solo a ser obtida na compactação.

Os principais fatores que afetam as propriedades do solo-cimento são o tipo de solo, o teor de cimento, o teor de umidade, a compactação, a homogeneidade da mistura e o tempo de cura (SILVEIRA, 1966).

Morais (2002) comenta que quando o solo é misturado com cimento e submetido a processos de compactação as suas propriedades mecânicas, de maneira geral, apresentam melhorias. Porém há limitação quanto ao uso de determinados solos, geralmente vinculadas a trabalhabilidade e ao consumo de cimento. O limite de consistência, de liquidez e de plasticidade expressam as condições de trabalhabilidade, por isso são base para tomada de decisões.

Silveira (1966) afirma que os solos arenosos e pedregulhosos, com cerca de 10% a 35% da fração silte e argila, são considerados mais favoráveis para a estabilização com cimento. Os solos arenosos deficientes em finos são também considerados materiais de boa qualidade, havendo apenas maior dificuldade para a compactação e o acabamento.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Local e data

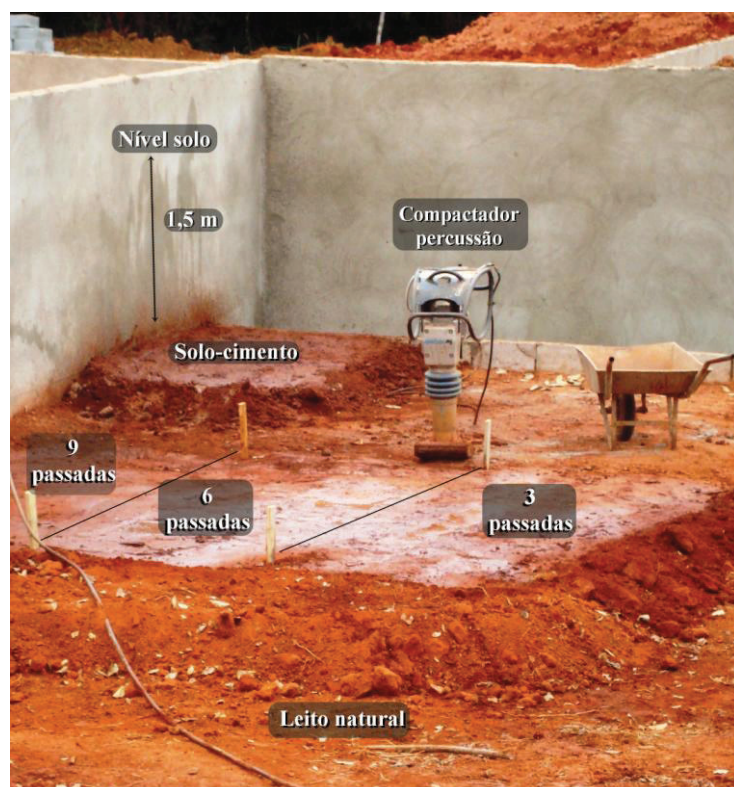
Localizado no Campus II do Departamento de Zootecnia da Universidade Católica de Goiás, o setor de aquicultura (Figura 5) na ocasião do ensaio, passava por uma reforma recebendo orientações de responsáveis técnicos na área de engenharia civil. Esse trabalho foi conduzido em um dos viveiros escavados e em reforma, sendo a permeabilidade do solo (K), a densidade do solo (DS) e a porosidade total do solo (PT) determinadas nos laboratórios da Faculdade de Engenharia, área III da UCG, localizada no setor Universitário e do Departamento de Zootecnia, Campus II da UCG, bloco G, no setor Jd. Mariliza, Goiânia,GO, nos meses julho, agosto e setembro de 2009.



**Figura 5:** “Lay-out” dos viveiros em construção sobre imagem Google Earth (out/2008), evidenciando a área do ensaio.

### 3.2. Preparo do ensaio, delineamento estatístico e tratamentos.

Parcelas de aproximadamente 9 m<sup>2</sup> foram preparadas dentro de um dos viveiros em construção (Figura 5), a aproximadamente 1,5 m de profundidade, onde foram aplicados os quatro tratamentos que envolveram o uso do compactador de percussão (Figura 6): solo sem compactação (SN), solo compactado com três passadas (SC3), com seis passadas (SC6) e nove passadas (SC9) do compactador de percussão, respectivamente, e solo compactado com três passadas adicionado à mistura solo cimento na proporção de 6,6% (SCC). Essa proporção de 6,6% foi preconizada em projeto que estava em execução, previsto e elaborado por engenheiro civil responsável pelo projeto, sendo aproveitada como um dos tratamentos utilizados no presente estudo.



**Figura 6:** Vista do ensaio no fundo do viveiro escavado, evidenciando as paredes em alvenaria e as áreas das parcelas delimitadas, que receberam os tratamentos da esquerda para a direita de: três passadas, seis passadas e nove passadas do compactador de percussão. Acima no canto esquerdo, parcela do solo compactado com três passadas adicionado à mistura solo-cimento.

Para o tratamento que não envolveu o uso do compactador de percussão (SN), a coleta do solo foi realizada nos mesmos 1,5 m de profundidade, utilizando-se



de uma trincheira localizada em área lateral externa à do viveiro. As amostras de solo tanto para a determinação da permeabilidade quanto para porosidade e densidade do solo foram coletadas nestas parcelas e o solo dessa área foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo argiloso (SiBCS, 2006).

O ensaio constituiu-se, portanto, de um delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos (SN, SC3, SC6, SC9 e SCC), três repetições para a variável permeabilidade do solo (K) e quatro repetições para as variáveis: densidade do solo (DS) e porosidade total do solo (PT).

Para a determinação da permeabilidade do solo (K), amostras indeformadas foram coletadas na profundidade de 0-10 cm em todas as parcelas. As amostras foram retiradas com o uso de um amostrador cilíndrico de aço com bordas cortantes (Figura 7), que foram cravados ao solo. Posteriormente extraiu-se a amostra desse cilindro com o auxílio de um extrator de amostra hidráulico, no mesmo sentido em que o amostrador penetrou no solo, com velocidade constante, sem impacto ou movimentos bruscos minimizando a perturbação da amostra, como previsto pela metodologia descrita nas normas brasileiras de referência (NBR) de número 14545 (2000).



**Figura 7:** Extrator de aço para a coleta de amostras indeformadas de solo utilizadas para a determinação da permeabilidade do solo.

Em laboratório essas amostras foram medidas com o auxílio de um paquímetro digital e submetidas ao permeâmetro de carga variável (Figura 8) para a determinação da permeabilidade (K).

Preparou-se a base do permeâmetro colocando-se na tampa inferior uma tela de arame com malha de abertura 2 mm e, sobre ela, uma camada de areia grossa

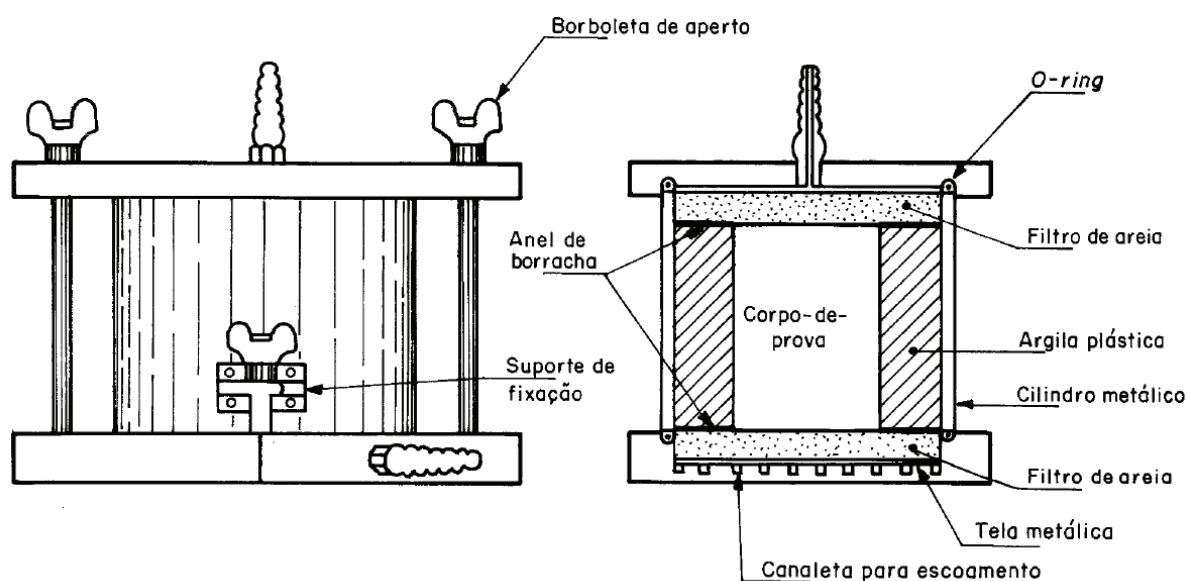
com espessura de 1 cm, que foi recoberta por um anel de borracha para evitar o seu contato com a argila plástica (bentonita) que envolveu o corpo-de-prova.

Em seguida, acoplou-se o cilindro metálico à base assim preparada.

Posicionou-se o corpo-de-prova no centro do cilindro, envolvendo-o com argila plástica (bentonita) em camadas de 2 cm de altura. Compactou-se a argila de forma a evitar o aparecimento de caminhos preferenciais entre as paredes do cilindro e o corpo-de-prova. Um anel de borracha foi colocado sobre o topo do anel formado pela argila circundante ao corpo-de-prova e o restante da altura do cilindro foi preenchido com areia grossa e fechado o conjunto.

O corpo-de-prova foi saturado por capilaridade pelo orifício localizado na tampa inferior.

O processo foi considerado satisfatório quando ocorreu o surgimento de água no orifício localizado na tampa superior e a percolação se processou sem a presença de bolhas de ar.



**Figura 8.** Representação da lateral do permeâmetro de carga variável NBR-14545 (2000).

Conectou-se o sistema de aplicação e medição de cargas hidráulicas ao orifício localizado na tampa superior e iniciou-se o ensaio, efetuando medidas das cargas hidráulicas na bureta graduada em décimos de centímetro cúbico, dos tempos decorridos (cronômetro digital de alta precisão) e da temperatura da água (termômetro digital com haste que inserido no dreno do permeâmetro determinou com exatidão a temperatura da água que percolou pelo corpo-de-prova).

Prosseguiu-se o ensaio até a obtenção de pelo menos quatro determinações do coeficiente de permeabilidade relativamente próximas, as quais não apresentaram tendências evidentes, quer de crescimento, quer de diminuição. Todo o procedimento para determinação da permeabilidade seguiu rigorosamente as recomendações da NBR 14545 (2000).

As leituras obtidas nos permeômetros foram submetidas à fórmula Darcy, para cálculo do gradiente hidráulico equação [1].

$$k = 2,3 \frac{a \cdot L}{A \cdot t} \cdot \log \left( \frac{h1}{h2} \right) \longrightarrow [1]$$

onde: a = área da bureta (cm<sup>2</sup>); L = altura do corpo de prova (cm); A = área do corpo de prova (cm<sup>2</sup>); h1 e h2 = carga hidráulica (cm); t – intervalo de tempo entre a ocorrência das cargas (min).

Os coeficientes de permeabilidade (K) obtidos foram referidos à temperatura de 20°C, por intermédio da tabela de relação entre viscosidade da água na temperatura de ensaio e a viscosidade da água a 20°C (R<sub>T</sub>), conforme recomenda a norma NBR 14545 (2000).

Amostras para a determinação de densidade do solo (DS) e porosidade total do solo (PT) foram coletadas conforme metodologia preconizada pela EMBRAPA (1997) nas mesmas parcelas, utilizando-se de anéis de Kopeck (aço inox com diâmetro 5 cm e altura 5 cm) onde em cada um dos cinco tratamentos foram coletadas quatro repetições em duas profundidades (0 a 5 cm e 5 a 10 cm), o suficiente para alcançar a área amostrada para a determinação da permeabilidade do solo (Figura 9).

Para as amostras destinadas a DS, inicialmente se determinou o volume de cada anel e o peso do conjunto solo + anel em balança de precisão. As amostras foram levadas para a estufa e submetidas à temperatura de 105 °C por 48 horas.

Após esse período, esfriou-se as mesmas em dessecador, submetendo-as a nova pesagem na mesma balança utilizada anteriormente equação [2]

$$DS(g \cdot cm^{-3}) = \frac{Ms}{Vt} \longrightarrow [2]$$

Onde: DS= densidade do solo (g.cm<sup>-3</sup>); Ms= massa do solo seco (g); Vt= volume total do anel (cm<sup>3</sup>).



Na determinação da PT (EMBRAPA,1997), as amostras indeformadas coletadas no anel de aço foram protegidas com pano (filó) e liga de fixação na sua parte inferior, e imersas 2/3 de sua altura em água deionizada, para que ocorresse a saturação capilar. Após a saturação, as mesmas foram pesadas e submetidas a temperatura de 105 °C por período de 48 horas, retiradas da estufa, esfriadas em dessecador e pesadas novamente. Calculou-se a PT conforme equação [3]:

$$PT = \frac{(A - C) - (B - C) \times 100}{(B - C)} \longrightarrow [3]$$

onde: PT = Porosidade total (%); A = Peso conjunto úmido (amostra, anel, pano e liga) (g); B = Peso conjunto seco (g) e C = Peso conjunto sem amostra (g).



**Figura 9.** Sequência da coleta e preparo do material para análise de densidade do solo e porosidade total.

### 3.3. Caracterização física do solo

A caracterização física do solo se deu por meio de ensaios padronizados pela ABNT e EMBRAPA.

Ensaio de granulometria foram feitos por peneiramento (Figura 10) e por sedimentação; limites de Atterberg e densidade relativa dos grãos foram realizados de acordo com as seguintes recomendações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT):

- NBR 6457/1986 → Preparação de amostras para ensaios, foi utilizado o processo de secagem prévia até a umidade higroscópica, onde a amostra foi seca ao ar; desmanchou-se os torrões, evitando a quebra dos grãos com o almofariz e a mão de gral, homogeneizando-a com o auxílio do repartidor de amostras; reduziu-se a quantidade de material até se obter uma amostra representativa em quantidade suficiente para a realização do ensaio.

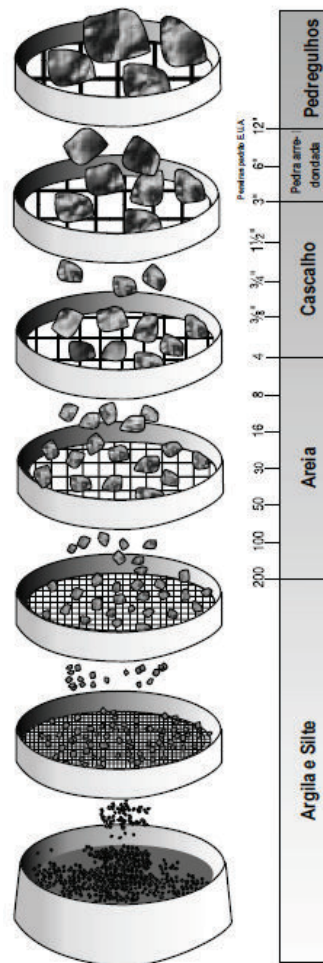
Verificou-se então se a amostra passava integralmente na peneira de 4,8 mm. Após, passou-se então para o próximo passo que foi a determinação da quantidade da amostra a ser trabalhada por ensaios.

- NBR 7181/1984 → Solo – Análise Granulométrica (Figura 10). A amostra foi preparada conforme NBR 6457/1986, onde determinou-se a quantidade de 1,5 kg de material, por se tratar de grãos inferiores a 5 mm, onde exige-se precisão mínima de 0,1 g.

Passou-se então o material (solo) na peneira de 2 mm, tomando-se a precaução de desmanchar no almofariz todos os torrões eventuais ainda existente, de modo a assegurar a retenção na peneira somente dos grãos maiores que a abertura da malha.

Lavou-se então a parte retida na peneira de 2, mm a fim de eliminar o material fino aderente e secou-se em estufa a 105 °C por 48 horas. O material assim obtido foi usado no peneiramento grosso.

Do material passado na peneira de 2,0 mm, foram tomadas três amostras de 60g, colocadas em béqueres com defloculante (solução de hexametáfosfato de sódio a 47,5 g por 1.000 cm<sup>3</sup> de solução) e agitadas para que todo o material se tornasse imerso e deixadas o em repouso por 48 horas. Depois, o material foi vertido para uma proveta de 1000 ml, que foi completada até o limite de graduação com água destilada. Promoveu-se então uma agitação do conteúdo com uma bagueta de vidro para manter, tanto o quanto possível, as partículas em suspensão. Tomou-se então a proveta com as mãos, tampando a boca e executou com o auxílio da outra, movimentos enérgicos de rotação durante 1 minuto, pelos quais a boca da proveta passou de cima para baixo e vice-versa.



**Figura 10.** Esquema de peneiras para separação de partículas de diferentes tamanhos  
**FONTE:** MULTIQUIP (2004)

Imediatamente após terminada a agitação, colocou-se proveta sobre um local fixo, e anotou a hora exata do início da sedimentação e mergulhou-se cuidadosamente o densímetro na dispersão, onde as leituras do densímetro correspondentes aos tempos de sedimentação (t) de 0, 5, 1 e 2 minutos, foram realizadas e a temperatura lida. Colocou-se então a proveta em banho em água limpa onde permaneceu até a próxima leitura. Fez se então leituras subsequentes a 4, 8, 15 e 30 minutos, 1, 2, 4, 8, e 24 horas, a contar do início da sedimentação.

O material que ficou retido na peneira de 0,075 mm após seco em estufa, à temperatura de 105°C por 48 horas, foram pesados com a resolução de 0,01g.

A massa total (MS) da amostra seca foi calculada conforme a equação 4:

$$M_s = \frac{(M_t - M_g) \times 100 + M_g}{(100 + h)} \longrightarrow [4]$$

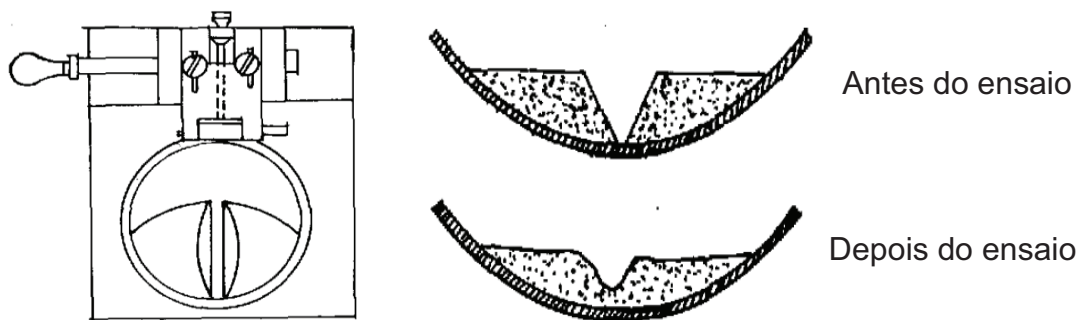
onde: Ms: massa total da amostra seca (g); Mt : massa da amostra seca ao ar (g); Mg: massa do material seco retido na peneira de 2,0 mm (g) e h: umidade higroscópica do material passado na peneira de 2,0 mm (%).

A porcentagem do material (Qs) em suspensão foi calculada conforme a equação 5:

$$Q_s = \frac{N \times \delta}{(\delta - \delta_d)} \times \frac{V \delta_d (L - L_d)^7}{(M_h \times 100)} \longrightarrow [5]$$

onde: Qs = porcentagem de solo em suspensão no instante da leitura do densímetro (%); N = porcentagem de material que passa na peneira de 2,0 mm (%);  $\delta$  = massa específica dos grãos do solo, em  $\text{g.cm}^{-3}$ ;  $\delta_d$  = massa específica do meio dispersor, à temperatura de ensaio, em  $\text{g.cm}^{-3}$ ; V= volume da suspensão, em  $\text{cm}^3$ ;  $\delta_c$  = massa específica da água, à temperatura de calibração do densímetro (20 °C), em  $\text{g.cm}^{-3}$ ; L = leitura do densímetro na suspensão em  $\text{g.cm}^{-3}$ ;  $L_d$  = leitura do densímetro no meio dispersor em  $\text{g.cm}^{-3}$ , na mesma temperatura da suspensão;  $M_h$  = massa do material úmido submetido à sedimentação, em g e h = umidade higroscópica em do material passado na peneira de 2,0 mm em %.

- NBR 6459/1984 → Solo – Determinação do Limite de Liquidez, para se conhecer o limite de umidade que o solo resiste antes de se tornar líquido ou sem resistência. O ensaio foi executado tomando a metade da amostra preparada de acordo com a NBR 6457. Inicialmente colocou-se a amostra na cápsula de porcelana e adicionou água destilada em pequenas quantidades, amassando e revolvendo, vigorosamente e continuamente com o auxílio de espátua, de forma a obter uma pasta homogênea, com consistência tal que fosse necessários 35 golpes para fechar a ranhura. Transferiu-se então parte da mistura para a concha, moldando-a de forma que na parte central a espessura seja da ordem de 10 mm e que não ficasse bolhas de ar no interior da mistura, retornando o excesso de solo para a cápsula.



**Figura 11.** Limite de liquidez - Aspecto da ranhura - NBR 6459 (1984)

Dividiu-se então a massa de solo em duas partes, passando o cinzel através da mesma, de maneira a abrir uma ranhura em sua parte central, normalmente à articulação da concha (Figura 10).

Recolocou-se, cuidadosamente, a concha no aparelho e golpeou-a contra a base, deixando-a cair em queda livre, girando a manivela à razão de duas voltas por segundo. Anotou-se o número de golpes necessário para que as bordas inferiores da ranhura se unam ao longo de 13 mm de comprimento.

- NBR 6508/1984 → Massa Específica Real dos Grãos, para realização do ensaio, tomou-se 250 g da amostra de solo, preparada conforme NBR 6457, homogeneizou-se a amostra e pesou-a em balança com sensibilidade de 0,01 g, na proporção de três amostras com 60 g cada. Colocou-se as amostras preparadas em cápsulas de cerâmica com água destilada, em quantidade suficiente para cobrir toda o material, durante 48 horas.

Transferiu-se a amostra para copo de dispersão e manteve em dispersador por 15 minutos, verteu-se todo o material dispersado para picnômetro com auxílio de funil de vidro, lavando-o com água destilada até a completa remoção do material, acrescentou-se água destilada até 1 cm abaixo da base do gargalo e aplicou a pressão de vácuo agitando-o com agitador ultra-sônico por 10 min. Com o auxílio de uma seringa, adicionou água destilada até a marca de referência. Enxugou-se a parte externa do picnômetro e a parte interna do gargalo acima do menisco, pesando o conjunto picnômetro + solo + água, com resolução de 0,01g, considerando o resultado como  $M_2$  (equação 6):

$$\delta = \frac{M_1 \times 100 / (100 + h)}{[M_1 \times 100 / (100 + h)] + M_3 - M_2} \times \delta_T \longrightarrow [6]$$

onde:  $\delta$ : massa específica dos grãos do solo, em  $\text{g.cm}^{-3}$ ;  $M_1$ : massa do solo úmido, em g;  $M_2$ : massa do picnômetro + solo + água em g, na temperatura T de ensaio em °C;  $M_3$ : massa do picnômetro cheio de água a marca de referência em g, na temperatura T de ensaio; h: umidade inicial da massa e  $\delta_T$ : massa específica da água na temperatura T de ensaio, obtida em tabela, sendo que a massa específica obtida foi  $2,82 \text{ g.cm}^{-3}$ .

- Plasticidade do solo indica a facilidade com que o solo é capaz de ser modelado. Um solo pode ser chamado de plástico (moldável) ou não plástico. A presença de argila no solo é importante para que este seja plástico e possibilite um adequado trabalho de modelagem e compactação dos diques dos viveiros.

NBR 7180/1984 → Solo – Determinação do Limite de Plasticidade, para a execução do ensaio, tomou-se a metade da quantidade de amostra preparada de acordo com, a NBR 6457, colocando-a a amostra na cápsula de porcelana, adicionando água destilada em pequenas quantidades, amassando e revolvendo, vigorosa e continuamente, com o auxílio da espátula, de forma a obter uma pasta homogênea, de consistência plástica.

Tomou-se cerca de 10 g da amostra assim preparada e formou-se uma pequena bola, que foi rolada sobre a placa de vidro com pressão suficiente da palma da mão lhe dando forma de cilindro, caso ela se fragmentasse antes de atingir o diâmetro de 3 mm, essa deveria ser retornada a capsula de porcelana, para adicionar mais água destilada e homogeneizada durante pelo menos 3 min. amassando e revolvendo vigorosa e continuamente com auxílio da espátula e repetir o procedimento descrito anteriormente.

Ao se fragmentar o cilindro, com diâmetro de 3 mm e comprimento da ordem de 100 mm (o que se verifica com o gabarito de comparação), transferindo imediatamente as partes do mesmo para um recipiente adequado, para determinação da umidade conforme a NBR 6457, totalizando 18% de umidade.

### 3.4. Caracterização química do solo

As análises químicas foram feitas seguindo a as metodologias propostas no Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1997), onde:

. Carbono orgânico – obtido pela oxidação da matéria orgânica do solo via úmida com solução de dicromato de potássio em meio sulfúrico, empregando-se como fonte de energia o calor desprendido de ácido sulfúrico com aquecimento. O excesso de dicromato após a oxidação é tirulado com sulfato ferroso amoniacal.

. Cátions (Ca, Mg e Al) – extração dos elementos trocáveis com solução de KCl mol/L, e os cátions trocáveis (NA e K) extração com HCl 0,05 mol/L, e determinação de seus teores no extrato.

. CTC efetiva – obtida através do somatório dos cátions trocáveis ( $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} + \text{Al}^{+3} + \text{Na}^{+} + \text{K}^{+}$ ), isto é, (S +  $\text{Al}^{+3}$ ).

. pH em  $\text{CaCl}_2$  mol/L – relação solo: líquido 1:2,5 e obtenção dos valores através da medida da variação do potencial em um eletrodo combinado com a variação da atividade hidrogeniônica da solução.

. P (fósforo assimilável) – obtido através de solução extratora (HCl 0,05 N e  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,025 N) combinada com fotolorímetro, com filtro vermelho (onda 660  $\text{m}\mu$ ).



#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a identificação do solo foram realizadas as análises químicas e físicas (Tabelas 2, 3 e 4).

**Tabela 2.** Caracterização química do solo coletado a 1,5 m de profundidade em fundo de viveiro escavado no campus II da UCG-Goiânia, GO.

Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	P	K	Zn	V	m	M. O.	pH
.....cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> .....				....mg.dm <sup>-3</sup> ....			..... % .....		g.dm <sup>-3</sup>		CaCl <sub>2</sub>
0,3	0,1	0,4	3,0	3,43	0,5	110	0,7	12,54	48,19	18,0	4,3

**Tabela 3.** Caracterização física do solo coletado a 1,5 m de profundidade em fundo de viveiro escavado no campus II da UCG-Goiânia, GO, onde se expressa o limite de liquidez (LL), limite de plasticidade (LP) e massa específica (ME).

Argila*	Limo*	Areia*	LL**	LP**	ME**
..... g.kg <sup>-1</sup> .....		25 golpes		%	g.cm <sup>-3</sup>
410	100	490	42% umidade	18	2,82

\* Determinado conforme EMBRAPA (1997); \*\* Determinado conforme ABNT (1984).

Na Tabela 4, encontram-se os valores médios de permeabilidade do solo (k), densidade do solo (DS) e porosidade total do solo (PT), avaliados em cada um dos tratamentos. Pode-se observar que ao comparar os tratamentos, as variáveis K, DS e PT divergiram significativamente do SN para todos os demais tratamentos (SC3, SC6, SC9 e SCC). Isso mostra que o tratamento SN, com maiores índices de K e PT e menor DS que os demais, não apresentam impedimento à passagem da água enquanto que os outros tratamentos apresentam algum grau de impedimento, demonstrando a necessidade do controle.

Apesar da DS e da PT serem estatisticamente iguais quando se comparou os tratamentos SC3, SC6, SC9 e SCC, a K foi mais sensível para demonstrar a diferença entre os tratamentos com incidência de compactação nos diversos níveis (SC3, SC6, SC9 e SCC). Observou-se que os tratamentos (SC3 e SC6) divergiram



significativamente dos demais, enquanto que os tratamentos (SCC e SC9) não apresentaram diferença significativa entre si.

Considerando que na maioria das vezes os pequenos aquicultores simplesmente não promovem nenhuma compactação em fundo de viveiros escavados, qualquer um dos tratamentos em que se usar o compactador de percussão haverá efeito significativo na diminuição da K, minimizando as perdas de água.

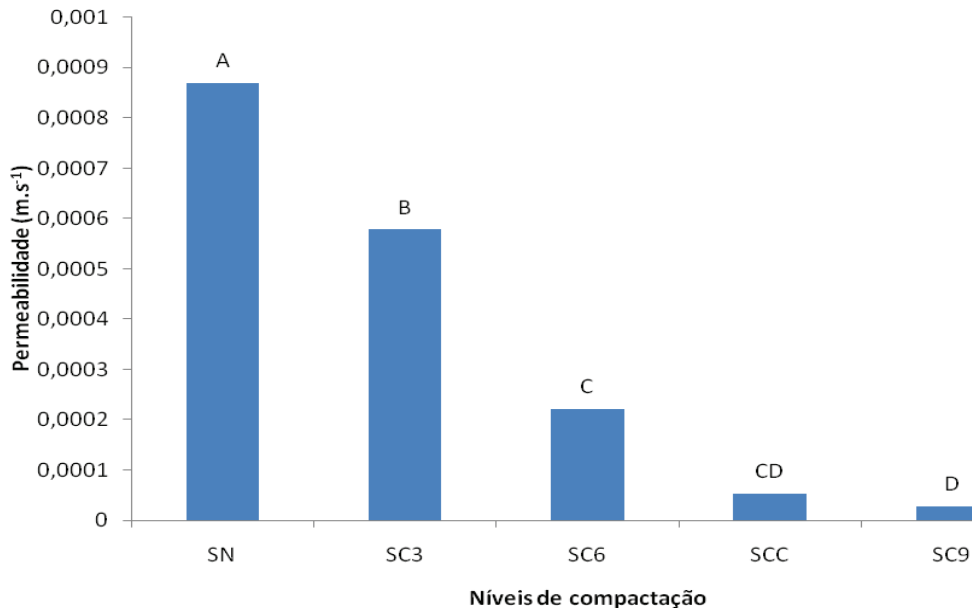
**Tabela 4.** Valores médios de permeabilidade do solo (k), densidade do solo (DS) e porosidade total do solo (PT) obtidos a partir de três repetições de um solo submetido a diferentes níveis de compactação: solo sem compactação (SN), solo compactado com três passadas (SC3), com seis passadas (SC6) e nove passadas (SC9) do compactador de percussão, respectivamente, e solo compactado adicionado à mistura solo cimento (SCC).

Tratamento	Permeabilidade (K)			Densidade do solo (DS)			Porosidade total (PT)		
	(K) (cm.s <sup>-1</sup> )	Tukey1 5%	Tukey2 5%	DS (g/cm <sup>3</sup> )	Tukey1 5%	Tukey2 5%	PT (%)	Tukey1 5%	Tukey2 5%
SN	87 x 10 <sup>-5</sup>	a	-	1,15	a	-	54,2	a	-
SC3	57 x 10 <sup>-5</sup>	b	A	1,38	b	A	35,8	b	A
SC6	22 x 10 <sup>-5</sup>	c	B	1,40	b	A	36,6	b	A
SCC	53 x 10 <sup>-6</sup>	cd	C	1,42	b	A	36,3	b	A
SC9	27 x 10 <sup>-6</sup>	d	C	1,46	b	A	32,8	b	A

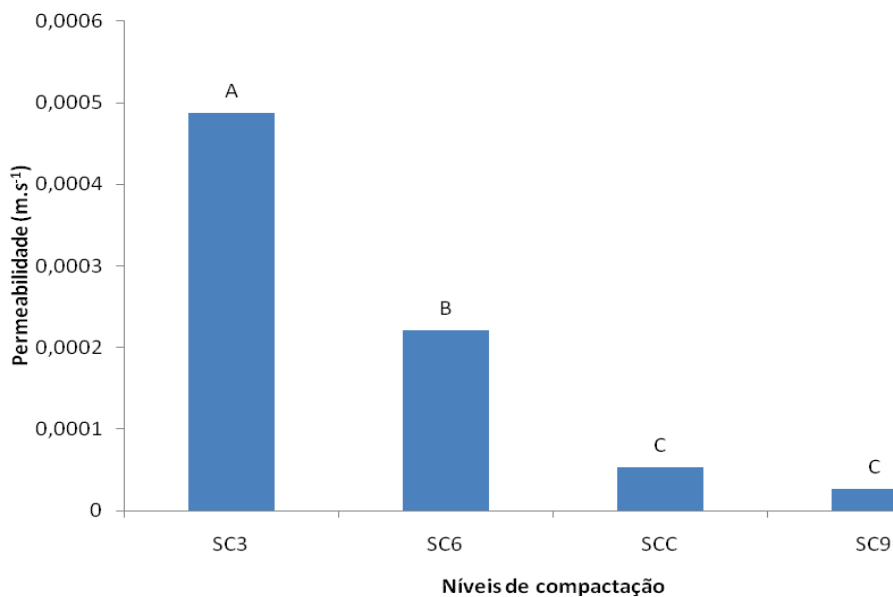
Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre a 5% de significância pelo teste Tukey; Tukey 1: Comparação dos cinco tratamentos: SN, SC3, SC6, SCC e SC9; Tukey 2: Comparação dos tratamentos com incidência de compactação: SC3, SC6, SCC e SC9.

Para melhor visualização dos resultados referente à K, as Figuras 12 e 13 mostram as colunas correspondentes aos ensaios de K, comparando tratamentos.

Os resultados mostram que a K tende a reduzir com o aumento do grau de compactação, como observado nas Figuras 12 e 13, uma vez que a energia exercida sobre o solo promove um rearranjo das partículas minimizando os espaços porosos, dificultando a passagem da água por entre as mesmas. Conforme BEUTLER et. al. (2001) a DS apresenta implicações diretas sobre a PT e a infiltração de água no solo.



**Figura 12.** Permeabilidade do solo sob diferentes níveis de compactação: solo sem compactação (SN); solo compactado com três passadas (SC3); solo compactado com seis passadas (SC6); mistura solo-cimento (6,6%) compactado com três passadas (SCC) e solo compactado com nove passadas (SC9) do compactador de percussão, respectivamente, para todos os cinco. Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey de 5% de probabilidade. Coeficiente de variação = 36.886 %.



**Figura 13.** Permeabilidade do solo sob diferentes níveis de compactação: solo compactado com três passadas (SC3); solo compactado com seis passadas (SC6); mistura solo-cimento (6,6%) compactado com três passadas (SCC) e solo compactado com nove passadas (SC9) com compactador de percussão. Valores seguidos da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey de 5% de probabilidade. Coeficiente de variação = 7.359 %.

Nesse trabalho, no entanto, as variáveis DS e a PT não se mostraram suficientes para a detecção da permeabilidade, uma vez que na Tabela 4 ao considerar somente os tratamentos com incidência do compactador de percussão,

não houve diferença significativa entre elas. Apesar da diferença significativa da K, a DS não variou entre os tratamentos SC3, SC6 e SCC, sendo o mesmo observado em relação à PT (Tabela 4).

Para Silva & Cabeda (2006) quando a umidade do solo aumenta, filmes de água reduzem a fricção entre as partículas do solo, agindo como lubrificante e favorecendo o rearranjo das partículas, que é importante no processo de compactação de solo.

Nesse estudo, como não houve controle da umidade do solo, porque se optou para que o trabalho refletisse estritamente o modelo ali praticado, não alterando a rotina da obra, não se pode inferir sobre a umidade do solo trabalhado, porém há a necessidade de que se promova um controle da umidade em trabalhos envolvendo a compactação do solo.

Vale lembrar que são várias as maneiras e os instrumentos utilizados na compactação de solo. No estudo em questão utilizou-se o compactador de percussão, uma vez que o projeto em andamento já estava utilizando esse instrumento.

Como os tratamentos SC9 e SCC não divergiram estatisticamente entre si para a variável K, levantou-se o custo operacional dos mesmos (Tabela 5). Considerando o custo do SCC como 100%, o tratamento SC9 apresentou um custo em torno de 7% do SCC, sendo demonstrada a sua viabilidade econômica.

**Tabela 5:** Estimativa do custo proporcional de execução dos tratamentos SC9 e SCC para 1000m<sup>2</sup> de viveiro escavado.

Tratamento	Preço da mão-de-obra* (R\$)	Custo do aparelho* (R\$)	Cimento* (R\$)	Custo total* (R\$)	Valor relativo (%)
SC9	120,00	240,00	-	360,00	7
SCC	40,00	80,00	4.931,00	5.501,00	100

\*Mão-de-obra = dia/homem; custo do aparelho = por dia; cimento = sacos de 50 kg; custo total somatório dos custos por tratamento; valor relativo considerou-se o SCC como 100% e o SC9 sendo 7% desse.

## 5. CONCLUSÕES

Pode se afirmar que qualquer um dos tratamentos com o compactador de percussão aqui aplicados, se mostrou mais eficiente no controle da K, DS e PT do que a testemunha (SN).

Para a DS e a PT houve diferença significativa somente quando comparado os tratamentos do SN com os demais solos compactados, mas entre os solos compactados, não houve diferença significativa para essas variáveis;

Os tratamentos que mais reduziram a K foram aqueles onde se passou nove vezes com compactador de percussão e solo cimento compactado tres passadas;

Para solos com as mesmas características do estudado, pode se afirmar que o uso do compactador de percussão com nove passadas (SC9) tem efeito similar no controle da K, ao solo cimento compactado com três passadas (SCC).

Ao se comparar o custo dos tratamentos SC9 e SCC, considerando SCC como 100%, o tratamento SC9 foi equivalente a 7% desse custo, demonstrando sua viabilidade econômica em relação ao tratamento SCC.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Em trabalhos futuros relacionados a este assunto, sugerem-se ensaios com outros modelos de compactadores manuais que possam ser utilizados na agricultura familiar como alternativa para a compactação de fundo de viveiros escavados, como também outros métodos de determinação da permeabilidade do solo.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, G. C. P. ., Caracterização Física e Classificação dos Solos. Juiz de Fora: UFRJ , 2005. P. 182 (Nota de aula)

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia básico de utilização do cimento portland**. 7.ed. São Paulo-SP: ABCP, 2002. 28p.(Boletim técnico,106).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457**: Amostra de solo: preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização, Rio de Janeiro-RJ, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6508**: Grãos de solo que passam na peneira de 4,8 mm: determinação da massa específica, Rio de Janeiro-RJ, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181**: Solo: Análise Granulométrica, Rio de Janeiro-RJ, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459**: Solo: limite de liquidez dos solos, Rio de Janeiro-RJ, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180**: Solo: Análise Plasticidade, Rio de Janeiro-RJ, 1984.

BASSO, R. V.; FERRAZ, R. L. ; BELINCANTA, A. ; RAMOS, F. S. . **Aplicação do método físico-químico de dosagem de misturas solo-cimento aos solos típicos do noroeste do Paraná**. In: Encontro Geotécnico do Terceiro Planalto Paranaense, 1., 2003, Maringá - PR. Anais.... Maringá-PR: ENGEOPAR 2003. p. 408-420. v.1.

BEUTLER A. N. et al. **Resistência à penetração e permeabilidade de latossolo vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa-MG, 25:167-177, 2001

BRASIL. Agência Nacional das Águas – ANA. **Relatório de atividades – exercício 2008**. Brasília-DF. 102 p.

BRASIL. Ministério de Pesca e Aquicultura. Aquicultura no Brasil. Brasília: SEAP, 2009. Disponível em: < <http://tuna.seap.gov.br/seap/html/aquicultura/index.htm>>. Acesso em: 12 jun. 2009.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução nº 396, de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e das outras providências.

CONAMA, Brasília- DF, 2008. Disponível em : <http://www.mma.gov.br/port/conama/processo/61AA3835/Livroconama-pdf>. Acesso em : 04 jun. 2009.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações** . 6. ed. Rio de Janeiro- RJ: Livros Técnicos e Científicos, 1987. 232p.

CARBALLO, E. et al. **Piscicultura de água doce em pequena escala**. Wageningen: Fundação Agromisa /CTA 2008. 93 p.

CENTRO DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO. **Manual de construção com solo-cimento**. Camaçari-BA :CEPED, 1999. 147p.

CERATTI, J. A. P.; CASANOVA, F J. Um método físico químico para dosagem de solo-cimento. In: SIMPÓSIO SOBRE NOVOS CONCEITOS EM ENSAIOS DE CAMPO E LABORATÓRIO EM GEOTECNIA, n. 6., 1988. Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: COPPE/ABMS/ABGE, 1988, 2v, v.1, p. 191-200.

CESTELLI GUIDI C. **Meccanica del terreno fondazioni opere in terra**. Milano:Ulrico Hoepli, 1964. 702p.

DUFRANC, G. **Atributos físicos, químicos e biológicos relacionados com a estabilidade de agregados de dois latossolos em plantio direto no estado de São Paulo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa-MG, v.28 n.3, p.505-517. 2004.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro- RJ: Embrapa Solos, 1997. 212p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa Brasileira Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro-RJ: Embrapa Solos, 2006. 306p. Disponível em: <<http://www.cnps.embrapa.br/sibcs/index.html>>. Acesso em: 12 jun. 2009.

FAO. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2008**. Roma: FAO, 2009. Disponível em:<<http://www.fao.org/docrep/011/i0250s/i0250s00.htm>>. acesso em: 07 jun. 2009.

FORTES, R. M. **Compactação**. 2002. (Desenvolvimento de material didático ou instrucional - material didático)

FREIRE, W. J. **Tratamento prévio do solo com aditivos químicos e seu efeito sobre a qualidade do solo-cimento**. 1976. 142f. Tese (Doutorado em solo)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

GARCEZ, L. N. **Elementos de engenharia hidráulica e sanitária**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1999.193p.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. **Estabilidades de taludes naturais e de escavação**. 2. ed. São Paulo-SP: Edgard Blucher, 1983.196 p.

GUSMÃO FILHO, J. A. **Desempenho de obras geotécnicas**. Recife-PE: UFPE, 2006. p. 373 - 374. Disponível em: < <http://www.books.google.com.br/books.htm>>. acesso em 11 jun.2009.

GUSMÃO FILHO, J. A. **Solos da formação geológica ao uso na engenharia**. 2.ed. Recife-PE:UFPE, 2008.185p.

HIRATA, R. **Recursos hídricos**. In: TEIXEIRA, W. et al. Decifrando a terra. São Paulo-SP: Oficina de Textos, 2001. cap. 20, p.421-441.

KARMANN, I. **Ciclo da água, água subterrânea e sua ação geológica**. In: TEIXEIRA, W. et al. Decifrando a terra. São Paulo-SP: Oficina de Textos, 2001. cap.07, p.114-138.

LOLLO, J. A.; RIZZO, R. P. **Capacidade de retenção de barreiras de proteção produzidas com solo arenoso estabilizado quimicamente**. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro- RJ, v. 11, n. 3, p. 250-259, 2006.

MARDINI, C. V.; MARDINI, L. B. L. F. **Cultivo de peixes e seus segredos**. Canoas-RS: Ulbra, 2000. 204 p. Disponível em:< <http://books.goolge.com.br>>. Acesso em : 11 jun. 2009.

MARQUES, J. D.; LIBARDI, P. L. ; LIER, Q. J. V. **Relação entre horizontes pedológicos e propriedades hidráulicas em dois Latossolos**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa-MG, v. 26, n. 3, p. 567-577, 2002.

MATOS, A.T.; SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F. **Barragens de terra de pequeno porte**. 2. ed. Viçosa- MG: UFV, 2003. 124p. (Cadernos Didáticos,73).

MORAIS, A. S. **Estudo das características de resistência do solo-cimento plástico e aplicação em estacas moldadas in loco**. 2002. 123f. Dissertação (Mestrado em Solo)- Escola de Engenharia de Agronomia, Universidade Estadual de São Paulo.

ONO, E.A.; KUBITZA, F. **Construção de viveiros e de estruturas hidráulicas para o cultivo de peixes: planejamento, seleção das áreas, fontes de água, demanda hídrica e propriedades dos solos**. Revista Panorama da Aqüicultura, Rio de Janeiro, v.12, n.72, p.35-48, 2002.

OSTRENSKY, A .; BORGHETTI, J.R. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. IN: OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J. R. ; SOTO, D. Aqüicultura no Brasil: o desafio é crescer. Brasília-DF: FAO, 2006.cap.18, p.579-602.

OTTONI FILHO, T. B. **Uma classificação físico-hídrica dos solos**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa-MG, v. 27, n.2 , p. 211-222, 2003.

PASTORE, E.; FORTES, R. M. . **Caracterização e classificação de solos: geologia de engenharia**. São Paulo-SP: ABGE, 1998. p. 210.

PEREIRA, P.A.P.; NOGUEIRA, J.B. **Ensaio de permeabilidade sobre misturas de um solo arenoso com bentonita**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES, 10., Foz do Iguaçu, 6-10 nov. 1994. Anais. São Paulo, ABMS, 1994. v.2, p.437-442

PINTO, C. S. **Curso básico de mecânica dos solos em 16 aulas 2.ed**. São Paulo-SP: Oficina de textos, 2002. 253p.



PORTUGAL. Instituto do Ambiente. **Relatório do Estado do Ambiente 2003**. Lisboa: Instituto do Ambiente, 2005. 242p.

POTT, C. A.; DE MARIA, I. C. **Comparação de métodos de campo para determinação da velocidade de infiltração básica**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa- MG, v. 27, n. 1, p. 19-27, 2003.

SALAS, J. A. J. ; ALPAÑÉS, J. L. J. **Geotecnia y cimientos : propiedades de los suelos y de las rocas**. Madrid: Rueda. 1975. 274p.

SILVA, J. W. B. **Manual sobre manejo de reservatórios para a produção de peixes: Cultivo em Piscicultura**. Brasília-DF: FAO ,1988. 123p. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB486P/AB486P00.HTM>>. Acesso em: 03 jun. 2009.

SILVA, A.J.N.; CABEDA, M.S.V. **Compactação e compressibilidade do solo sob sistemas de manejo e níveis de umidade**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa-MG, v.30, n.5, p.921-930, 2006.

SILVEIRA, A. **Estabilização de solos com cimento: notas de aula**. São Carlos-SP: EESC-USP, 1966, 45p.

STRECK, C. A. et al. **Relações do parâmetro S para algumas propriedades físicas dos solos do Sul do Brasil**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.32, n, 6, p.2603-2612, 2008. (Número Especial).

VARGAS, M. **Identificação e classificação dos solos**. 3. ed. São Paulo:-SP: ABCP, 1981. 28p.

VIANA, J. H. M. ; FERNANDES FILHO, E. I. ; SCHAEFER, C. E. G. R. **Reorganização da estrutura microgranular de latossolos: efeitos de ciclos de umedecimento e secagem**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa-MG, v. 28, n. 1, p. 11-20, 2004.