

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**

**ADEQUAÇÃO DE UM LISÍMETRO DE SUCÇÃO PARA  
MONITORAÇÃO DA ÁGUA DO SOLO EM  
SANEAMENTO**

**ALEXANDRE PANSANI**

**CAMPINAS, S.P.**

**2001**

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTR  
SEÇÃO CIRCULAN

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**

**ADEQUAÇÃO DE UM LISÍMETRO DE SUÇÃO PARA  
MONITORAÇÃO DA ÁGUA DO SOLO EM  
SANEAMENTO**

**ALEXANDRE PANSANI**

**Orientador:**

**Prof. Dr. Dirceu Brasil Vieira**

Dissertação de Mestrado apresentada à comissão  
de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia  
Civil da Universidade Estadual de Campinas,  
Como parte dos requisitos para obtenção do  
título de Mestre em Engenharia Civil, na área de  
concentração Recursos Hídricos

**CAMPINAS, S.P.**

**2001**

ii

Atesto que esta é a versão definitiva da dissertação/tese	
Prof. Dr.	<i>[Assinatura]</i>
Matrícula:	03843-1

12/02/01

UNIDADE	BC
Nº CHAMADA	UNICAMP
	P195a
V	EX
TOMBO BC/	53893
PROC.	124/03
C <input type="checkbox"/>	D <input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	20/05/03
Nº CPD	

CM00182843-4

018 12 5779

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

P195a Pansani, Alexandre  
Adequação de um lisímetro de sucção para  
monitoração da água do solo em saneamento / Alexandre  
Pansani.--Campinas, SP: [s.n.], 2001.

Orientador: Dirceu Brasil Vieira.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de  
Campinas, Faculdade de Engenharia Civil.

1. Lisímetro. 2. Águas residuais no solo. 3. Recursos  
hídricos - Desenvolvimento. 4. Esgotos. I. Vieira,  
Dirceu Brasil. II. Universidade Estadual de Campinas.  
Faculdade de Engenharia Civil. III. Título.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**

**ADEQUAÇÃO DE UM LISÍMETRO DE SUCCÃO PARA  
MONITORAÇÃO DA ÁGUA DO SOLO EM  
SANEAMENTO**

Alexandre Pansani

Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



---

Prof.º Dr.º. Dirceu Brasil Vieira  
Presidente e Orientador  
Universidade Estadual de Campinas



---

Prof.º Dr.º. Edson Aparecido Abdul Nour  
Universidade Estadual de Campinas



---

Prof.º Dr.º. Ronaldo Stefanutti  
Universidade Estadual de Campinas

Campinas, 18 de Janeiro de 2001.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr.<sup>o</sup> Dirceu Brasil Vieira pela orientação, oportunidade, compreensão, estímulo e amizade durante a realização deste trabalho.

A Cerâmica Vera Cruz por fornecer as cápsulas porosas de cerâmica, a Cerâmica Panger por desenvolver uma forma e auxiliar na área técnica, ambas localizadas no Município de Pedreira e a Água Boa Comercio L.T.D.A, por fornecer os outro tipos de cápsulas porosas utilizadas.

À Faculdade de Engenharia Civil, ao Departamento de Recursos Hídricos, pelas instalações e recursos colocados à disposição, tornando exequível a fase analítica deste estudo.

Aos meus pais, Arlindo Pansani e Alaide Lodi Pansani, meu irmão Luis Tadeu Pansani, que sempre me incentivaram e deram todo o apoio necessário, se eu não tivesse a família que tenho, com certeza em razão dos problemas encontrados, não teria alcançado este meu objetivo.

Ao Prof.<sup>o</sup> Dr.<sup>o</sup> Edson Aparecido Abdul Nour, Prof.<sup>o</sup> Dr.<sup>o</sup> Abel Maia Genovez e a Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Eglé Novaes Teixeira pelo incentivo, dedicação, discussões e sugestões proveitosas.

Aos membros da Banca Examinadora, pela ética e profissionalismo.

Aos funcionários da pós-graduação Paula, Carlos, Sandra e por toda a atenção recebida.

Aos estagiários e alunos de iniciação científica do laboratório de saneamento Sérgio, Vanderlei, Alex, Silvia e Andréia pelo apoio durante a fase analítica e a amizade

Aos funcionários e estagiários do laboratório de hidráulica Carlos Alcaide, Marcelo Barros, Arae e Rafael pelo apoio durante a fase analítica e a amizade.

Aos funcionários e estagiários do laboratório de hidrologia Marcelo Balbino, Acácio Galvão e Fábio Mateus pelo apoio durante a fase analítica e a amizade.

Aos amigos: Érika Lois, Patrícia Mazzante, Marta, Carolina Farah, Sandra (Rosinha), Marco Pires, Edmar Santos, Gustavo Henrique, Vitor, Evandro, Osvaldo Natalin, Luis, Renata Ottina, Angela dos Santos, Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Bruno Coraucci Filho, Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Evaldo Miranda Coiado, Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. José Roberto Guimarães, sempre colaborando de alguma forma, com o desenvolvimento deste trabalho, seja na descontração do ambiente, nas disciplinas, incentivando nos momentos difíceis. Com certeza, ficarão sempre em minha memória.

Aos amigos: Marcos (Neco), Vinícius, Wilsinho, Serginho, Raquel, Itamar (primo), César, Vera Campos, Valdirene e Adriana Soto pelos momentos de descontração, amizade e companheirismo demonstrado.

Aos amigos Obadias e Paulo Soldera (lagartixa) pela amizade, incentivo, momentos de descontração e principalmente pela solidariedade e companheirismo demonstrado.

A minha “irmãzinha” Renata Martins por estar sempre ao meu lado nos momentos felizes e difíceis com uma palavra de incentivo, pelo apoio, companheirismo, enorme cooperação e também paciência no decorrer da pesquisa.

A minhas Tias Vanda e Ruth pelas palavras de incentivo, compreensão e pelo apoio.

Aos meus Primos Sílvia Renata Pansani, Gustavo Pansani Sílvia, Patrícia Barbosa, Geovana Pansani Silva, Renato Pansani, Tânia Pansani, André Ricardo Pansani pelo apoio, incentivo, momentos de descontração, cooperação, amizade e companheirismo.

E de um modo especial e carinhos aos meus avôs Paternos e Maternos e a Deus, pois se não fosse ele não teria nem feito esta lista de agradecimentos.

## Sumário

	página
Sumário.....	viii
Lista de tabelas.....	xi
Lista de figuras.....	xvii
Lista de abreviaturas e símbolos.....	xxxvii
Resumo.....	xxxx
1 Introdução.....	1
2 Objetivo.....	3
3 Revisão bibliográfica.....	4
3.1 Tratamento de efluente no solo.....	4
3.2 Considerações sobre água subterrânea.....	6
3.3 Lisímetro de sucção.....	7
3.4 Cápsula porosa.....	10
3.5 Coleta de amostras.....	11
3.6 Limitações dos lisímetros de sucção.....	12
4 Metodologia.....	14
4.1 Desenvolvimento dos lisímetros de sucção.....	14
4.1.1 Confecção da cápsula porosa.....	16
4.2 Caracterização do solo.....	17
4.2.1 Determinação da curva granulométrica.....	17
4.2.2 Determinação da curva característica de retenção de água no solo.....	18
4.3 Desempenho dos lisímetros de sucção.....	18
4.3.1 Análise preliminar.....	19

4.3.1.1	Análise preliminar – aspecto quantitativo.....	19
4.3.1.2	Análise preliminar – aspecto qualitativo.....	20
4.3.2	Ensaio de campo.....	21
4.3.2.1	Ensaio de campo – aspecto quantitativo.....	22
4.3.2.2	Ensaio de campo – aspecto qualitativo.....	23
4.4	Parâmetros monitorados.....	24
4.5	Análises dos resultados obtidos.....	24
4.5.1	Análise preliminar.....	25
4.5.1.1	Análise preliminar – aspecto quantitativo.....	25
4.5.1.2	Análise preliminar – aspecto qualitativo.....	25
4.5.2	Ensaio de campo.....	25
4.5.2.1	Ensaio de campo – aspecto quantitativo.....	26
4.5.2.2	Ensaio de campo – aspecto qualitativo.....	26
4.6	Análise do custo da confecção do lisímetro de sucção.....	— 28
5	Resultados e discussão.....	29
5.1	Análise preliminar.....	29
5.1.1	Análises preliminares – aspecto quantitativo.....	29
5.1.2	Análises preliminares – aspecto qualitativo.....	31
5.1.2.1	pH.....	31
5.1.2.2	Condutividade elétrica.....	32
5.1.2.3	Demanda química de oxigênio.....	34
5.1.2.4	Fósforo.....	35
5.2	Ensaio de campo.....	38
5.2.1	Ensaio de campo – aspecto quantitativo.....	38
5.2.2	Ensaio de campo – aspecto qualitativo.....	42
5.2.2.1	pH.....	42
5.2.2.2	Condutividade elétrica.....	43
5.2.2.3	Demanda química de oxigênio.....	47
5.2.2.4	Fósforo.....	48
5.3	Análise do custo da confecção dos lisímetros de sucção.....	51

6 Conclusões e recomendações.....	53
7 Referência bibliográficas.....	56
Abstract.....	60
Anexos.....	61
Anexo A - Caracterização do solo: figura das curvas granulométricas e da curva características de retenção de água no solo.....	62
Anexo B - Figuras dos lisímetros de sucção.....	71
Anexo C - Resultados obtidos na análise preliminar – aspecto quantitativo.....	74
Anexo D – Figuras dos resultados obtidos nas análises preliminares.....	80
Anexo D.1 - Figuras dos resultados obtidos na análise preliminar.- aspecto quantitativo.....	81
Anexo D.2 - Figuras dos resultados obtidos na análise preliminar.- aspecto qualitativo.....	100
Anexo E - Figuras dos resultados obtidos no ensaios de campo.....	104
Anexo E.1 - Figuras dos resultados obtidos no ensaio de campo.- aspecto quantitativo.....	105
Anexo E.2 - Figuras dos resultados obtidos do ensaio de campo.- aspecto qualitativo.....	118
Anexo F – Figura das análises preliminares e dos ensaios de campo.....	125
Anexo F.1 – Figuras do local de coleta, equipamentos utilizados nas análises dos parâmetros monitorados e da análise preliminar.....	126
Anexo F.2 – Figuras do ensaio de solo e do ensaio de campo.....	129
Anexo G – Resultados das análises estatísticas.....	133

## LISTA DE TABELAS

	página
<b>Tabela 4.1:</b> Modelo da análise estatística.....	27
<b>Tabela 5.1:</b> Resultados médios do volume (L) obtidos na análise preliminar – aspecto quantitativo aplicando vácuo de 0,2; 0,4; 0,6 e 0,8 bar .....	30
<b>Tabela 5.2:</b> Resultados da determinação de pH na análise preliminar— Aspecto qualitativo.....	32
<b>Tabela 5.3:</b> Resultados da determinação da condutividade elétrica ( $\mu$ S/cm <sup>2</sup> ) na análise preliminar—aspecto qualitativo.....	32
<b>Tabela 5.4:</b> Resultados da determinação da condutividade elétrica ( $\mu$ S/cm <sup>2</sup> ), onde uma cápsula porosa de cerâmica foi lavada com água destilada na análise preliminar—aspecto qualitativo.....	34
<b>Tabela 5.5:</b> Resultados da determinação de DQO (mg O <sub>2</sub> /L) na análise preliminar—aspecto qualitativo.....	35
<b>Tabela 5.6:</b> Resultados da determinação do fósforo (mg P/L) na análise preliminar—aspecto qualitativo.....	36
<b>Tabela 5.7:</b> Resultados da determinação do fósforo (mg P/L), onde uma cápsula porosa de cerâmica foi lavada com água destilada na análise preliminar—aspecto qualitativo.....	37
<b>Tabela 5.8:</b> Resultados do volume (L) obtidos nos intervalos de tempo de 24 hs e 48 hs no ensaio de campo – aspecto quantitativo.....	38
<b>Tabela 5.9:</b> Resultados do volume (L) obtidos no ensaio de campo – aspecto quantitativo, no intervalo de tempo de 24 hs e 48 hs, onde os lisímetros de sucção foram instalados de maneira invertida.....	40

<b>Tabela 5.10:</b> Resultados da determinação de pH no ensaio de campo – aspecto qualitativo obtidos, no intervalo de tempo de 24 e 48 hs.....	42
<b>Tabela 5.11:</b> Resultados da determinação da condutividade elétrica ( $\mu$ S/cm <sup>2</sup> ), obtidos no ensaio de campo – aspecto qualitativo, no intervalo de tempo de 24 e 48 hs.....	44
<b>Tabela 5.12:</b> Resultados da determinação da condutividade elétrica ( $\mu$ S/cm <sup>2</sup> ), onde uma cápsula porosa de cerâmica foi lavada com água destilada, obtidos no ensaio de campo – aspecto qualitativo, no intervalo de tempo de 24 e 48 hs.....	46
<b>Tabela 5.13:</b> Resultados da determinação de DQO (mg O <sub>2</sub> /L) obtidos no ensaio de campo – aspecto qualitativo, no intervalo de tempo de 24 e 48 hs.....	47
<b>Tabela 5.14:</b> Resultados da determinação do fósforo (mg P/L) obtidos no ensaio de campo – aspecto qualitativo, no intervalo de tempo de 24 e 48 hs.....	48
<b>Tabela 5.15:</b> Resultados da determinação do fósforo (mg P/L), onde uma cápsula porosa de cerâmica foi lavada com água destilada, obtidos no ensaio de campo – aspecto qualitativo, no intervalo de tempo de 24 e 48 hs.....	50
<b>Tabela 5.16:</b> Custo da confecção do lisímetro de sucção.....	51
<b>Tabela C.1:</b> Resultados obtidos do volume (L) coletados nas análises preliminares – aspecto quantitativo, utilizando –se cápsula porosa de cerâmica.....	75
<b>Tabela C.2:</b> Resultados obtidos do volume (L) coletados nas análises preliminares – aspecto quantitativo, utilizando –se cápsula porosa de diatomita.....	76
<b>Tabela C.3:</b> Resultados obtidos do volume (L) coletados nas análises preliminares – aspecto quantitativo, utilizando –se cápsula porosa de plástico sinterizado .....	77
<b>Tabela C.4:</b> Resultados obtidos do volume (L) coletados nas análises preliminares – aspecto quantitativo, utilizando –se cápsula porosa de polipropileno.....	78
<b>Tabela C.5:</b> Resultados obtidos do desvio padrão, aplicando vácuo de 0,2 bar, nas análises preliminares – aspecto quantitativo.....	79
<b>Tabela C.6:</b> Resultados obtidos do desvio padrão, aplicando vácuo de 0,4 bar, nas análises preliminares – aspecto quantitativo.....	79
<b>Tabela C.7:</b> Resultados obtidos do desvio padrão, aplicando vácuo de 0,6 bar, nas análises preliminares – aspecto quantitativo.....	79

<b>Tabela C.8:</b> Resultados obtidos do desvio padrão, aplicando vácuo de 0,8 bar, nas análises preliminares – aspecto quantitativo.....	79
<b>Tabela G.1:</b> Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, na análise preliminar – aspecto quantitativo. aplicando vácuo de 0,2 bar.....	134
<b>Tabela G.2:</b> Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, na análise preliminar – aspecto quantitativo, aplicando vácuo de 0,2 bar.....	134
<b>Tabela G.3:</b> Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, na análise preliminar – aspecto quantitativo, aplicando vácuo de 0,2 bar. ....	134
<b>Tabela G.4:</b> Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, , na análise preliminar – aspecto quantitativo. aplicando vácuo de 0,4 bar.....	135
<b>Tabela G.5:</b> Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, na análise preliminar – aspecto quantitativo, aplicando vácuo de 0,4 bar.....	135
<b>Tabela G.6:</b> Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, na análise preliminar – aspecto quantitativo. aplicando vácuo de 0,4 bar.....	135
<b>Tabela G.7:</b> Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, na análise preliminar – aspecto quantitativo, aplicando vácuo de 0,6 bar.....	136

<b>Tabela G.8:</b> Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, na análise preliminar – aspecto quantitativo. aplicando vácuo de 0,6 bar.....	136
<b>Tabela G.9:</b> Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, na análise preliminar – aspecto quantitativo. aplicando vácuo de 0,6 bar.....	136
<b>Tabela G.10:</b> Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, na análise preliminar – aspecto quantitativo, aplicando vácuo de 0,8 bar.....	137
<b>Tabela G.11:</b> Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, na análise preliminar – aspecto quantitativo, aplicando vácuo de 0,8 bar.....	137
<b>Tabela G.12:</b> Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, na análise preliminar – aspecto quantitativo, aplicando vácuo de 0,8 bar.....	137
<b>Tabela G.13:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação de pH entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a amostra testemunha, na análise preliminar – aspecto qualitativo.....	138
<b>Tabela G.14:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação de pH entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e a amostra testemunha, na análise preliminar – aspecto qualitativo.....	138
<b>Tabela G.15:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação de pH entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção	

confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e a amostra testemunha, na análise preliminar – aspecto qualitativo.....	138
<b>Tabela G.16:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação de pH entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e a amostra testemunha, na análise preliminar – aspecto qualitativo.....	139
<b>Tabela G.17:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu$ S/cm <sup>2</sup> ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a amostra testemunha, na análise preliminar - aspecto qualitativo.....	139
<b>Tabela G.18:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu$ S/cm <sup>2</sup> ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e a amostra testemunha, na análise preliminar - aspecto qualitativo.....	139
<b>Tabela G.19:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu$ S/cm <sup>2</sup> ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e a amostra testemunha, na análise preliminar - aspecto qualitativo.....	140
<b>Tabela G.20:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu$ S/cm <sup>2</sup> ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e a amostra testemunha, na análise preliminar - aspecto qualitativo.....	140
<b>Tabela G.21:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu$ S/cm <sup>2</sup> ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a amostra testemunha. (com o objetivo de comparar com a cápsula de cerâmica lavada com água destilada), na análise preliminar - aspecto qualitativo.....	140
<b>Tabela G.22:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu$ S/cm <sup>2</sup> ) entre as amostras coletadas no	

lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica lavada com água destilada e a amostra testemunha, na análise preliminar - aspecto qualitativo.....	141
<b>Tabela G.23:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da DBO (mg O <sub>2</sub> /L) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a amostra testemunha, na análise preliminar – aspecto qualitativo.....	141
<b>Tabela G.24:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da DBO (mg O <sub>2</sub> /L) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e a amostra testemunha, na análise preliminar – aspecto qualitativo.....	141
<b>Tabela G.25:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da DBO (mg O <sub>2</sub> /L) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e a amostra testemunha, na análise preliminar – aspecto qualitativo.....	142
<b>Tabela G.26:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da DBO (mg O <sub>2</sub> /L) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e a amostra testemunha, na análise preliminar – aspecto qualitativo. ....	142
<b>Tabela G.27:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação do fósforo (mg P/L) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a amostra testemunha, na análise preliminar – aspecto qualitativo.....	142
<b>Tabela G.28:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação do fósforo (mg P/L) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e a amostra testemunha, na análise preliminar – aspecto qualitativo. ....	143
<b>Tabela G.29:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação do fósforo (mg P/L) entre as amostras coletadas no lisímetro de	

sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e a amostra testemunha, na análise preliminar – aspecto qualitativo.....	143
<b>Tabela G.30:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação do fósforo (mg P/L) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e a amostra testemunha, na análise preliminar – aspecto qualitativo.....	143
<b>Tabela G.31:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação do fósforo (mg P/L) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a amostra testemunha. (com o objetivo de comparar com a cápsula de cerâmica lavada com água destilada), na análise preliminar - aspecto qualitativo.....	144
<b>Tabela G.32:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação do fósforo (mg P/L) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica lavada com água destilada e a amostra testemunha, na análise preliminar - aspecto qualitativo..	144
<b>Tabela G.33:</b> Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, no ensaio de campo – aspecto quantitativo e intervalo de 24 hs.....	144
<b>Tabela G.34:</b> Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, no ensaio de campo – aspecto quantitativo e intervalo de 24 hs. ....	145
<b>Tabela G.35:</b> Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, no ensaio de campo – aspecto quantitativo e intervalo de 24 hs.....	145
<b>Tabela G.36:</b> Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e	

	confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, no ensaio de campo – aspecto quantitativo e intervalo de 48 hs.....	145
<b>Tabela G.37:</b>	Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, no ensaio de campo – aspecto quantitativo e intervalo de 48 hs.....	146
<b>Tabela G.38:</b>	Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, no ensaio de campo – aspecto quantitativo e intervalo de 48 hs.....	146
<b>Tabela G.39:</b>	Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, instalados de maneira invertida no solo, no ensaio de campo – aspecto quantitativo e intervalo de 24 hs.....	146
<b>Tabela G.40:</b>	Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, instalados de maneira invertida no solo, no ensaio de campo – aspecto quantitativo e intervalo de 24 hs.....	147
<b>Tabela G.41:</b>	Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, instalados de maneira invertida no solo, no ensaio de campo – aspecto quantitativo e intervalo de 24 hs.....	147
<b>Tabela G.42:</b>	Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, instalados de maneira invertida no solo, no ensaio de campo – aspecto quantitativo e intervalo de 48 hs.....	147
<b>Tabela G.43:</b>	Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, instalados de maneira invertida no solo, no ensaio de campo – aspecto quantitativo e intervalo de 48 hs.....	148

<b>Tabela G.44:</b>	Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, instalados de maneira invertida no solo, no ensaio de campo – aspecto quantitativo e intervalo de 48 hs.....	148
<b>Tabela G.45:</b>	Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação de pH entre a amostra do solo e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.....	148
<b>Tabela G.46:</b>	Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação de pH entre a amostra do solo e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.....	149
<b>Tabela G.47:</b>	Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação de pH entre a amostra do dreno e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.....	149
<b>— Tabela G.48:</b>	Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação de pH entre a amostra do dreno e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.....	149
<b>Tabela G.49:</b>	Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação de pH entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.....	150
<b>Tabela G.50:</b>	Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação de pH entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.....	150
<b>Tabela G.51:</b>	Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação de pH entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.....	150
<b>Tabela G.52:</b>	Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação de pH entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção	

	confeccionado com cápsula porosa de diatomita e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.....	151
<b>Tabela G.53:</b>	Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação de pH entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.....	151
<b>Tabela G.54:</b>	Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação de pH entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.....	151
<b>Tabela G.55:</b>	Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação de pH entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.....	152
<b>Tabela G.56:</b>	Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação de pH entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.....	152
<b>Tabela G.57:</b>	Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu$ S/cm <sup>2</sup> ) entre a amostra do solo e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.....	152
<b>Tabela G.58:</b>	Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu$ S/cm <sup>2</sup> ) entre a amostra do solo e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.....	153
<b>Tabela G.59:</b>	Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu$ S/cm <sup>2</sup> ) entre a amostra do dreno e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.....	153

<b>Tabela G.60:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu$ S/cm <sup>2</sup> ) entre a amostra do dreno e a amostra testemunha, no ensaio de campo –aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.....	153
<b>Tabela G.61:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu$ S/cm <sup>2</sup> ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.....	154
<b>Tabela G.62:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu$ S/cm <sup>2</sup> ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.....	154
<b>Tabela G.63:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu$ S/cm <sup>2</sup> ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs	154
<b>Tabela G.64:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu$ S/cm <sup>2</sup> ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs	155
<b>Tabela G.65:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu$ S/cm <sup>2</sup> ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs	155
<b>Tabela G.66:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu$ S/cm <sup>2</sup> ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.....	155

<b>Tabela G.67:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu$ S/cm <sup>2</sup> ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.....	156
<b>Tabela G.68:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu$ S/cm <sup>2</sup> ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.....	156
<b>Tabela G.69:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu$ S/cm <sup>2</sup> ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica lavada com água destilada e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.....	156
<b>Tabela G.70:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu$ S/cm <sup>2</sup> ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica lavada com água destilada e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.....	157
<b>Tabela G.71:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da DQO (mg O <sub>2</sub> ) entre a amostra do solo e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.....	157
<b>Tabela G.72:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da DQO (mg O <sub>2</sub> ) entre a amostra do solo e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.....	157
<b>Tabela G.73:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da DQO (mg O <sub>2</sub> ) entre a amostra do dreno e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.....	158

<b>Tabela G.74:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da DQO (mg O <sub>2</sub> ) entre a amostra do dreno e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.....	158
<b>Tabela G.75:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da DQO (mg O <sub>2</sub> ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a amostra do solo, no ensaio de campo –aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.....	158
<b>Tabela G.76:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da DQO (mg O <sub>2</sub> ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a amostra do solo, no ensaio de campo –aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.....	159
<b>Tabela G.77:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da DQO (mg O <sub>2</sub> ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e a amostra do solo, no ensaio de campo –aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.....	159
<b>Tabela G.78:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da DQO (mg O <sub>2</sub> ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e a amostra do solo, no ensaio de campo –aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.....	159
<b>Tabela G.79:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da DQO (mg O <sub>2</sub> ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e a amostra do solo, no ensaio de campo – aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.....	160
<b>Tabela G.80:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da DQO (mg O <sub>2</sub> ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e a amostra do solo, no ensaio de campo – aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.....	160
<b>Tabela G.81:</b> Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da DQO (mg O <sub>2</sub> ) entre as amostras coletadas no lisímetro de	

	sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e a amostra do solo, no ensaio de campo – aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.....	160
<b>Tabela G.82:</b>	Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da DQO (mg O <sub>2</sub> ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e a amostra do solo, no ensaio de campo – aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.....	161
<b>Tabela G.83:</b>	Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação do fósforo (mg P/L) entre a amostra do solo e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.....	161
<b>Tabela G.84:</b>	Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação do fósforo (mg P/L) entre a amostra do solo e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.....	161
<b>Tabela G.85:</b>	Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação do fósforo (mg P/L) entre a amostra do dreno e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.....	162
<b>Tabela G.86:</b>	Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação do fósforo (mg P/L) entre a amostra do dreno e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.....	162
<b>Tabela G.87:</b>	Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação do fósforo (mg P/L) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.....	162
<b>Tabela G.88:</b>	Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação do fósforo (mg P/L) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs. ....	163
<b>Tabela G.89:</b>	Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação do fósforo (mg P/L) entre as amostras coletadas no lisímetro de	

	sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs. ....	163
<b>Tabela G.90:</b>	Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação do fósforo (mg P/L) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.....	163
<b>Tabela G.91:</b>	Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação do fósforo (mg P/L) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.....	164
<b>Tabela G.92:</b>	Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação do fósforo (mg P/L) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.....	164
<b>Tabela G.93:</b>	Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação do fósforo (mg P/L) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.....	164
<b>Tabela G.94:</b>	Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação do fósforo (mg P/L) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.....	165
<b>Tabela G.95:</b>	Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação do fósforo (mg P/L) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica lavada com água destilada e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs. ....	165
<b>Tabela G.96:</b>	Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação do fósforo (mg P/L) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica lavada com água	

destilada e a amostra do solo, no ensaiode campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs. ....	165
--	-----

## LISTA DE FIGURAS

	página
Figura 3.1: Modelo do lisímetro de sucção desenvolvido por Parizek e Lane (1970).....	8
Figura 3.2: Modelo do lisímetro de sucção desenvolvido por Wagner (1962).....	8
Figura 4.1: Lisímetro de sucção.....	15
Figura 4.2: Lisímetro de sucção instalado no solo.....	15
Figura 4.3: Análise preliminar.....	20
Figura 4.4: Ensaio de campo.....	21
Figura 4.6: Lisímetro de sucção instalado de maneira invertida no solo, mostrando o procedimento de coleta de amostra.....	23
Figura A.1: Curva granulométrica do solo à profundidade de 0 – 0,25 m.....	63
Figura A.2: Curva granulométrica do solo à profundidade de 0 – 0,50 m.....	64
Figura A.3: Curva granulométrica do solo à profundidade de 0 – 0,75 m.....	65
Figura A.4: Curva granulométrica do solo à profundidade de 0 – 1,00 m.....	66
Figura A.5: Curva característica de retenção de água no solo à profundidade de 0 – 0,25 m.....	67
Figura A.6: Curva característica de retenção de água no solo à profundidade de 0 – 0,50 m.....	68
Figura A.7: Curva característica de retenção de água no solo à profundidade de 0 – 0,75 m.....	69
Figura A.8: Curva característica de retenção de água no solo à profundidade de 0 – 1,00 m.....	70
Figura B.1: Lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica.....	72
Figura B.2: Lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita.....	72
Figura B.3: Lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado.....	73
Figura B.4: Lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno.....	73

<b>Figura D.1:</b> Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na primeira análise preliminar – aspecto quantitativo, utilizando-se lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica.....	82
<b>Figura D.2:</b> Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na primeira análise preliminar – aspecto quantitativo, utilizando-se lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita.....	82
<b>Figura D.3:</b> Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na primeira análise preliminar – aspecto quantitativo, utilizando-se lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado.....	83
<b>Figura D.4:</b> Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na primeira análise preliminar – aspecto quantitativo, utilizando-se lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno.....	83
<b>Figura D.5:</b> Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na segunda análise preliminar – aspecto quantitativo, utilizando-se lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica.....	84
<b>Figura D.6:</b> Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na segunda análise preliminar – aspecto quantitativo, utilizando-se lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita.....	84
<b>Figura D.7:</b> Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na segunda análise preliminar – aspecto quantitativo, utilizando-se lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado.....	85
<b>Figura D.8:</b> Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na segunda análise preliminar – aspecto quantitativo, utilizando-se lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno.....	85
<b>Figura D.9:</b> Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na terceira análise preliminar – aspecto quantitativo, utilizando-se lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica.....	86
<b>Figura D.10:</b> Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na terceira análise preliminar – aspecto quantitativo, utilizando-se lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita.....	86

<b>Figura D.11:</b> Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na terceira análise preliminar – aspecto quantitativo, utilizando-se lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado.....	87
<b>Figura D.12:</b> Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na terceira análise preliminar – aspecto quantitativo, utilizando-se lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno.....	87
<b>Figura D.13:</b> Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na quarta análise preliminar – aspecto quantitativo, utilizando-se lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica.....	88
<b>Figura D.14:</b> Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na quarta análise preliminar – aspecto quantitativo, utilizando-se lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita.....	88
<b>FIGURA D.15:</b> Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na quarta análise preliminar – aspecto quantitativo, utilizando-se lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado.....	89
<b>Figura D.16:</b> Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na quarta análise preliminar – aspecto quantitativo, utilizando-se lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno.....	89
<b>Figura D.17:</b> Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na quinta análise preliminar – aspecto quantitativo, utilizando-se lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica.....	90
<b>Figura D.18:</b> Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na quinta análise preliminar – aspecto quantitativo, utilizando-se lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita.....	90
<b>Figura D.19:</b> Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na quinta análise preliminar – aspecto quantitativo, utilizando-se lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado.....	91
<b>Figura D.20:</b> Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na quinta análise preliminar – aspecto quantitativo, utilizando-se lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno.....	91

<b>Figura D.21:</b> Comportamento dos resultados médios do volume (L) obtidos na análise preliminar – aspecto quantitativo, aplicando vácuo de 0,2 bar.....	92
<b>Figura D.22:</b> Comportamento dos resultados médios do volume (L) obtidos na análise preliminar – aspecto quantitativo, aplicando vácuo de 0,4 bar.....	92
<b>Figura D.23:</b> Comportamento dos resultados médios do volume (L) obtidos na análise preliminar – aspecto quantitativo, aplicando vácuo de 0,2 bar.....	93
<b>Figura D.24:</b> Comportamento dos resultados médios do volume (L) obtidos na análise preliminar – aspecto quantitativo, aplicando vácuo de 0,2 bar.....	93
<b>Figura D.25:</b> Comportamento da comparação entre lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e lisímetro de sucção confeccionado com diatomita, obtendo resultados médios do volume (L) obtidos aplicando vácuo de 0,2 bar.....	94
<b>Figura D.26:</b> Comportamento da comparação entre lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e lisímetro de sucção confeccionado com diatomita, obtendo resultados médios do volume (L) obtidos aplicando vácuo de 0,4 bar. ....	94
<b>Figura D.27:</b> Comportamento da comparação entre lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e lisímetro de sucção confeccionado com diatomita, obtendo resultados médios do volume (L) obtidos aplicando vácuo de 0,6 bar. ....	95
<b>Figura D.28:</b> Comportamento da comparação entre lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e lisímetro de sucção confeccionado com diatomita, obtendo resultados médios do volume (L) obtidos aplicando vácuo de 0,8 bar. ....	95
<b>Figura D.29:</b> Comportamento da comparação entre lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e lisímetro de sucção confeccionado com plástico sinterizado, obtendo resultados médios do volume (L) obtidos aplicando vácuo de 0,2 bar. ....	96
<b>Figura D.30:</b> Comportamento da comparação entre lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e lisímetro de sucção confeccionado com plástico	

sinterizado, obtendo resultados médios do volume (L) obtidos aplicando vácuo de 0,4 bar. ....	96
<b>Figura D.31:</b> Comportamento da comparação entre lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e lisímetro de sucção confeccionado com plástico sinterizado, obtendo resultados médios do volume (L) obtidos aplicando vácuo de 0,6 bar. ....	97
<b>Figura D.32:</b> Comportamento da comparação entre lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e lisímetro de sucção confeccionado com plástico sinterizado, obtendo resultados médios do volume (L) obtidos aplicando vácuo de 0,8 bar. ....	97
<b>Figura D.33:</b> Comportamento da comparação entre lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e lisímetro de sucção confeccionado com polipropileno, obtendo resultados médios do volume (L) obtidos aplicando vácuo de 0,2 bar. ....	98
<b>Figura D.34:</b> Comportamento da comparação entre lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e lisímetro de sucção confeccionado com polipropileno, obtendo resultados médios do volume (L) obtidos aplicando vácuo de 0,4 bar. ....	98
<b>Figura D.35:</b> Comportamento da comparação entre lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e lisímetro de sucção confeccionado com polipropileno, obtendo resultados médios do volume (L) obtidos aplicando vácuo de 0,6 bar. ....	99
<b>Figura D.36:</b> Comportamento da comparação entre lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e lisímetro de sucção confeccionado com polipropileno, obtendo resultados médios do volume (L) obtidos aplicando vácuo de 0,8 bar. ....	99
<b>Figura D.37:</b> Comportamento do pH ao longo das coletas na análise preliminar - aspecto qualitativo. ....	100
<b>Figura D.38:</b> Comportamento da condutividade elétrica ( $\mu S/cm^2$ ) ao longo das coletas na análise preliminar - aspecto qualitativo. ....	100

<b>Figura D.39:</b> Comportamento da DQO (mg O <sub>2</sub> /L) ao longo das coletas na análise preliminar - aspecto qualitativo. ....	101
<b>Figura D.40:</b> Comportamento do fósforo (mg P/L) ao longo das coletas na análise preliminar - aspecto qualitativo. ....	101
<b>Figura D.41:</b> Comportamento da condutividade elétrica ( $\mu$ S/cm <sup>2</sup> ) ao longo das coletas na análise preliminar - aspecto qualitativo, onde uma cápsula porosa de cerâmica foi lavada com água destilada.....	102
<b>Figura D.42:</b> Comportamento do fósforo (mg P/L) ao longo das coletas na análise preliminar - aspecto qualitativo, onde uma cápsula porosa de cerâmica foi lavada com água destilada.....	102
<b>Figura E.1:</b> Comportamento dos resultados obtidos de volume (L) ao longo das coletas do ensaio de campo – aspecto quantitativo, no intervalo de tempo de 24 horas.....	106
<b>Figura E.2:</b> Comportamento dos resultados obtidos de volume (L) ao longo das coletas do ensaio de campo – aspecto quantitativo, no intervalo de tempo de 48 horas.....	106
<b>Figura E.3:</b> Comportamento dos resultados obtidos de volume (L) ao longo das coletas pelo lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica nos intervalos de tempo de 24 horas e 48 horas.....	107
<b>Figura E.4:</b> Comportamento dos resultados obtidos de volume (L) ao longo das coletas pelo lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita nos intervalos de tempo de 24 horas e 48 horas. ....	107
<b>Figura E.5:</b> Comportamento dos resultados obtidos de volume (L) ao longo das coletas pelo lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado nos intervalos de tempo de 24 horas e 48 horas.....	108
<b>Figura E.6:</b> Comportamento dos resultados obtidos de volume (L) ao longo das coletas pelo lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno nos intervalos de tempo de 24 horas e 48 horas.....	108
<b>Figura E.7:</b> Comportamento dos resultados obtidos de volume (L) ao longo das coletas pelo lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a cápsula porosa de diatomita no intervalo de tempo de 24 horas.....	109

- Figura E.17:** Comportamento dos resultados obtidos de volume (L) ao longo das coletas pelo lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado nos intervalos de tempo de 24 horas e 48 horas, onde procedeu-se o instalação invertidas dos lisímetros de sucção no solo.....114
- Figura E.18:** Comportamento dos resultados obtidos de volume (L) ao longo das coletas pelo lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno nos intervalos de tempo de 24 horas e 48 horas, onde procedeu-se o instalação invertidas dos lisímetros de sucção no solo.....114
- Figura E.19:** Comportamento dos resultados obtidos de volume (L) ao longo das coletas pelo lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a cápsula porosa de diatomita no intervalo de tempo de 24 horas, onde procedeu-se o instalação invertidas dos lisímetros de sucção no solo.....115
- Figura E.20:** Comportamento dos resultados obtidos de volume (L) ao longo das coletas pelo lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a cápsula porosa de plástico sinterizado no intervalo de tempo de 24 horas, onde procedeu-se o instalação invertidas dos lisímetros de sucção no solo.....115
- Figura E.21:** Comportamento dos resultados obtidos de volume (L) ao longo das coletas pelo lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a cápsula porosa de polipropileno no intervalo de tempo de 24 horas, onde procedeu-se o instalação invertidas dos lisímetros de sucção no solo.....116
- Figura E.22:** Comportamento dos resultados obtidos de volume (L) ao longo das coletas pelo lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a cápsula porosa de diatomita no intervalo de tempo de 48 horas, onde procedeu-se o instalação invertidas dos lisímetros de sucção no solo.....116
- Figura E.23:** Comportamento dos resultados obtidos de volume (L) ao longo das coletas pelo lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a cápsula porosa de plástico sinterizado no intervalo de tempo de 48 horas, onde procedeu-se o instalação invertidas dos lisímetros de sucção no solo.....117
- Figura E.24:** Comportamento dos resultados obtidos de volume (L) ao longo das coletas pelo lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a cápsula

porosa de polipropileno no intervalo de tempo de 48 horas, onde procedeu-se o instalação invertidas dos lisímetros de sucção no solo.....	117
<b>Figura E.25:</b> Comportamento do pH ao longo das coletas no ensaio de campo – aspecto qualitativo, no intervalo de tempo de 24 horas.....	119
<b>Figura E.26:</b> Comportamento da condutividade elétrica ( $\mu\text{ S/cm}^2$ ) ao longo das coletas no ensaio de campo – aspecto qualitativo, no intervalo de tempo de 24 horas.....	119
<b>Figura E.27:</b> Comportamento da DQO ( $\text{mg O}_2/\text{L}$ ) ao longo das coletas no ensaio de campo – aspecto qualitativo, no intervalo de tempo de 24 horas.....	120
<b>Figura E.28:</b> Comportamento do fósforo ( $\text{mg P/L}$ ) ao longo das coletas no ensaio de campo – aspecto qualitativo, no intervalo de tempo de 24 horas.....	120
<b>Figura E.29:</b> Comportamento da condutividade elétrica ( $\mu\text{ S/cm}^2$ ) ao longo das coletas no ensaio de campo – aspecto qualitativo, no intervalo de tempo de 24 horas, onde uma cápsula porosa de cerâmica foi lavada com água destilada.....	121
<b>Figura E.30:</b> Comportamento do fósforo ( $\text{mg P/L}$ ) ao longo das coletas no ensaio de campo – aspecto qualitativo, no intervalo de tempo de 24 horas, onde uma cápsula porosa de cerâmica foi lavada com água destilada.....	121
<b>Figura E.31:</b> Comportamento do pH ao longo das coletas no ensaio de campo – aspecto qualitativo, no intervalo de tempo de 48 horas.....	122
<b>Figura E.32:</b> Comportamento da condutividade elétrica ( $\mu\text{ S/cm}^2$ ) ao longo das coletas no ensaio de campo – aspecto qualitativo, no intervalo de tempo de 48 horas.....	122
<b>Figura E.33:</b> Comportamento da DQO ( $\text{mg O}_2/\text{L}$ ) ao longo das coletas no ensaio de campo – aspecto qualitativo, no intervalo de tempo de 48 horas.....	123
<b>Figura E.34:</b> Comportamento do fósforo ( $\text{mg P/L}$ ) ao longo das coletas no ensaio de campo – aspecto qualitativo, no intervalo de tempo de 48 horas. ....	123
<b>Figura E.35:</b> Comportamento da condutividade elétrica ( $\mu\text{ S/cm}^2$ ) ao longo das coletas no ensaio de campo – aspecto qualitativo, no intervalo de tempo de 48 horas, onde uma cápsula porosa de cerâmica foi lavada com água destilada.....	124
<b>Figura E.36:</b> Comportamento do fósforo ( $\text{mg P/L}$ ) ao longo das coletas no ensaio de campo – aspecto qualitativo, no intervalo de tempo de 48 horas, onde uma cápsula porosa de cerâmica foi lavada com água destilada.....	124

Figura F.1: Local de coleta.....	127
Figura F.2: Laboratório de saneamento FEC/UNICAMP.....	127
Figura F.3: Compressor utilizado na aplicação de vácuo.....	128
Figura F.4: Análise preliminar.....	128
Figura F.5: Solo utilizado no ensaio de campo.....	130
Figura F.6: Análise granulométrica do solo.....	130
Figura F.7: Recipiente utilizado no ensaio de campo.....	131
Figura F.8: Dreno.....	131
Figura F.17: Ensaio de campo.....	132
Figura F.18: Ensaio de campo.....	132

e.d. : edição

FV :Fator de Variância

GL: Grau de Liberdade

HCl : Ácido Clorídrico

kgf/cm<sup>2</sup> : Quilograma Força por Centímetro quadrado

kw : Quilowatts

L - Litros

L.T.D.A : Limitada

m : metro

min. : minuto

mg O<sub>2</sub>/L : Miligramas de Oxigênio por Litro

mg P/L : Miligrama de Fósforo por Litro

Mn : Mânganez

Mod. : Modelo

N : Nitrogênio

NH<sup>+</sup><sub>4</sub> : Íon Amônio

p. : página

pH : Potencial hidrogeniônico

PO<sup>3-</sup><sub>4</sub> : Fosfato

PTFE : Polietetrafluoretileno

PVC : Policloreto de Vinila

QM : Quadrados Médios

SQ : Soma de Quadrados

## LISTA DE ABREVIACÕES E SÍMBOLOS

A.D.: amostra retirada no dreno

AS.: amostra retirada no solo

A.T.: amostra testemunha

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

atm : Atmosfera

C1 : Composição 1 – cápsula porosa de cerâmica

C2 : Composição 2 – cápsula porosa de diatomita

C3 : Composição 3 – cápsula porosa de plástico sinterizado

C4 : Composição 4 – cápsula porosa de polipropileno

cap. capítulo

cm : centímetro

Cond. Elétrica : Condutividade Elétrica

c.p : cápsula porosa

dest. : destilada

DBO : Demanda Bioquímica de Oxigênio

DN : Diâmetro Nominal

DQO : Demanda Química de Oxigênio

e.d. : edição

e.d. : edição

FV : Fator de Variância

GL: Grau de Liberdade

HCl : Ácido Clorídrico

kgf/cm<sup>2</sup> : Quilograma Força por Centímetro quadrado

kw : Quilowatts

L - Litros

L.T.D.A : Limitada

m : metro

min. : minuto

mg O<sub>2</sub>/L : Miligramas de Oxigênio por Litro

mg P/L : Miligrama de Fósforo por Litro

Mn : Mânганез

Mod. : Modelo

N : Nitrogênio

NH<sup>+</sup><sub>4</sub> : Íon Amônio

p. : página

pH : Potencial hidrogeniônico

PO<sup>3-</sup><sub>4</sub> : Fosfato

PTFE : Politetrafluoretileno

PVC : Policloreto de Vinila

QM : Quadrados Médios

SQ : Soma de Quadrados

S.T.R.S : Sistema de Tratamento de Resíduo no Solo

U.K. : United Kindgom

U.S.A. : United State of Americam

U.S.E.P.A : United States Environmetal Protection Agency

U.S.D.A. : United State Department of Agriculture

vol. : volume

Zn : Zinco

$\mu \text{ S.cm}^{-1}$  : Micro Siemens por centímetro

## RESUMO

PANSANI, Alexandre. **Adequação de Lisímetro de Sucção para Monitoração de Água do Solo em Saneamento**. Campinas: 2001. 165 p. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas.

A preservação dos recursos hídricos é uma questão de sobrevivência da humanidade, sendo uma das grandes preocupações das lideranças políticas, científicas e acadêmicas. No entanto, é preciso adequar a monitoração destes recursos à realidade brasileira, usando equipamentos de fácil operação e baixo custo. Pode-se citar, por exemplo, os lisímetros de sucção, considerados como viável e compatível. Os lisímetros de sucção são constituídos por um tubo de PVC e uma cápsula porosa, sendo que no Brasil são confeccionadas e comercializadas somente cápsulas porosas de cerâmica. Contudo, neste trabalho, foram monitorados lisímetros de sucção desenvolvidos com cápsulas porosas de cerâmica e outros materiais. Os lisímetros de sucção foram instalados em um reservatório com água, e amostras foram coletadas em um intervalo de tempo determinado, sob variações do vácuo aplicado. Posteriormente, os mesmos foram instalados em um recipiente com solo, com adição de um volume determinado de água coletada no lago da Praça Hermógenes F. Leitão Filho, conhecido como “lago da Unicamp”, onde também foram coletadas amostras em um intervalo de tempo determinado, sem variação do vácuo aplicado. Estas amostras de águas coletadas foram avaliadas em relação aos aspectos quantitativos: volume coletado e qualitativos: pH, condutividade elétrica, DQO e fósforo. Os resultados obtidos recomendaram a utilização do lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado, a instalação dos lisímetros de sucção de maneira invertida no solo e a não utilização do lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica na determinação da condutividade elétrica e fósforo.

**PALAVRA-CHAVES:** Lisímetro de sucção; cápsula porosa; solução do solo; Recursos Hídricos.

# 1 INTRODUÇÃO

A proteção do ambiente é uma prerrogativa fundamental de qualquer sociedade, para garantir condições satisfatórias a vida animal e vegetal num futuro próximo. Neste contexto, a proteção dos recursos hídricos subterrâneos é de enorme importância, pois susceptível a contaminação de poluentes infiltrados, sua recuperação é muito difícil, podendo mesmo comprometer o uso de mananciais subterrâneos de água. Desse modo a monitoração das condições desses recursos antes de atingir o lençol freático é uma preocupação constante para o desenvolvimento sustentável. Neste contexto, a grande preocupação do desenvolvimento sustentável é impedir que contaminantes possam atingir o lençol freático, principalmente em áreas de risco, como: sistema de tratamento de efluente líquido no solo, aterro sanitário, lagoa de decantação, etc...

Para tanto, a forma de menor custo, eficiente e segura de verificar a influência destes contaminantes que estejam percolando no perfil do solo e superando seu poder recuperador, com risco de atingir o lençol freático, é por meio de análise da solução do solo. A metodologia mais usual para captação dessa solução é a utilização de lisímetros de sucção.

Os lisímetros de sucção são sondas que tem como finalidade retirada da solução do solo, para fim de análise laboratorial. Tais lisímetro são constituídos basicamente por um tubo de PVC e uma cápsula porosa. Seu funcionamento procede-se da seguinte maneira: quando instalado no solo, os poros da cápsula tornam-se uma extensão dos poros do solo, que ao aplicar-se vácuo no interior da cápsula, faz com que a pressão no interior desta, seja menor do que a pressão do solo, ocorrendo assim fluxo de água para dentro da cápsula porosa.

As cápsulas porosas são geralmente confeccionadas em cerâmica, alumina (alundum), PTFE (teflon) e vidro sintetizado. Atualmente no Brasil, são confeccionadas e comercializadas somente cápsulas porosas de cerâmicas, em razão da sua fácil confecção e por seu pequeno custo em relação aos outros materiais.

Problemas de quantidade de amostras coletadas de solução do solo e de funcionalidade do lisímetro de sucção têm sido levantados. Todavia, uma das hipóteses mais relevantes levantadas é a respeito do efeito seletivo da cápsula porosa sobre o resultado das análises. Como a solução do solo é utilizada para análises químicas na verificação do teor de certos elementos e procedimentos de monitoração da contaminação do solo pela aplicação de efluentes, torna-se de vital importância a adequação deste lisímetro de sucção visando ter um melhor resultado na monitoração dos recursos hídricos subterrâneos.

## 2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é verificar a eficiência de captação de solução do solo pelo lisímetro de sucção com cápsula porosa de cerâmica, tanto sob o aspecto quantitativo: volume coletado pelo lisímetro de sucção, quanto qualitativo: pH, condutividade elétrica, DQO e fósforo, bem como comparar com os resultados obtidos dos lisímetros de sucção confeccionados com cápsulas porosas de: diatomita, plástico sinterizado e polipropileno. Assim sendo, os custos da confecção de cada lisímetro de sucção serão comparados visando fazer uma análise com a sua eficiência. Com o intuito de verificar a eficiência de coleta sob o aspecto quantitativo, os lisímetros de sucção serão instalados de maneira invertida no solo.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

A revisão bibliográfica apresentada neste estudo será dividida em quatro partes: tratamento de efluente no solo; considerações sobre água subterrânea; lisímetros de sucção; cápsulas porosas; coleta de amostras e limitações dos lisímetros de sucção.

#### **3.1 TRATAMENTO DE EFLUENTES NO SOLO**

Os métodos de tratamento para água residuária no solo devem ser econômicos, requerendo manutenção mínima, apresentando resultados satisfatórios.

De acordo com LOEHR (1974), a aplicação de efluentes no solo não é uma técnica recente como tratamento nesse meio. A disposição da água servida nesse meio remonta a alguns séculos. A maioria das aplicações no solo foi desenvolvida de acordo com a conveniência ou métodos econômicos para sua disposição. Os efeitos desses métodos no ecossistema, na vida animal e vegetal, as características do solo, a qualidade da água subterrânea, por essa época, começaram a receber a atenção necessária.

Os Sistemas de Tratamento de Resíduos no Solo (STRS), por meio das propriedades físicas, químicas e microbiológicas do solo, promovem a biodegradação, a detoxificação, a transformação e/ou imobilização dos constituintes dos resíduos tratados (CUNHA, CASARIM, GLOEDEN, et alii 1991).

O tratamento ocorre graças a biodiversidade microbiana existente nesse grande reservatório que é o solo. O número e a diversidade de microrganismos no solo são extremamente variáveis e dependem das condições ambientais reinantes. CARDOSO (1992) in (CARRASCO, 1995)

Entre os três meios – água, solo e atmosfera - o primeiro é o mais adequado para se tratar efluentes com um mínimo de efeitos ambientais adversos. Esses resíduos sofrem algumas reações e transformações quando de sua aplicação nesse meio. O uso do solo para esse tipo de tratamento é determinado pelas características físicas e químicas que variam de lugar para lugar. O solo é formado por rochas, argilas, minerais, matéria orgânica e microrganismos. Esses componentes vão atuar na decomposição dos resíduos por meio de reações de oxidação e redução, troca de cátions, adsorção pelas frações minerais e orgânicas. Contribui também para esse processo uma boa drenagem e aeração melhorando o mecanismo de tratamento de solo. (LUDÓVICE, 1997)

A disposição de resíduos no solo é um método vantajoso, permitindo tratamento primário, secundário e terciário por meio de operação simples e, contribuindo para o desenvolvimento das culturas. A água é reusada em atividades agrícolas, apresentando algumas vantagens como a presença de constituintes fertilizantes e condições de solo favoráveis. Entretanto, existem algumas desvantagens associadas ao seu uso, entre as quais são citadas: risco de contaminação de trabalhadores rurais e consumidores pelos produtos agrícolas, possíveis efeitos químicos no solo e na água subterrânea, exigência de espaço considerável de terra para a implantação desse método e natureza sazonal de demandas de irrigação. (ARCEIVALA, 1981)

U.S.E.P.A. (1981) in (FIGUEREDO, VIEIRA E GENÓVEZ., 1992), define o tratamento no solo como uma aplicação controlada de uma água residuária na superfície do solo, objetivando-se conseguir uma certa porcentagem de tratamento por meio de processos biológicos, físicos e químicos, dentro da matriz planta-solo-água.

FIGUEREDO, VIEIRA E GENÓVEZ.(1992), pesquisaram o tratamento de efluente líquido cítrico pelo processo de irrigação por aspersão e os resultados obtidos indicaram uma excelente diminuição na DQO, uma neutralização do pH dos efluentes brutos e, uma grande remoção de sólidos, especialmente suspensos.

### 3.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE ÁGUA SUBTERRÂNEA

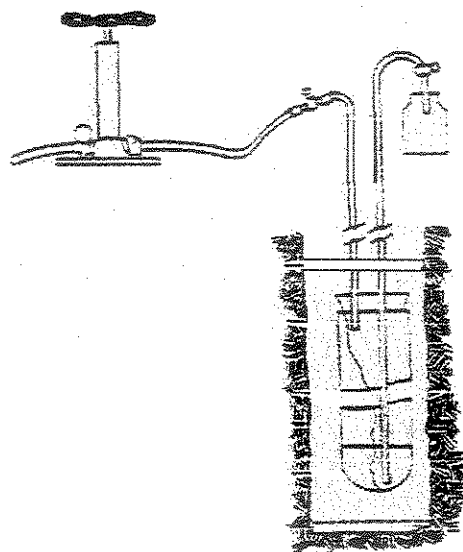
Embora possamos ver as águas de superfície, e onde enormes quantidades de dinheiro têm sido dispendidas em construções de represas, barragens reservatórios artificiais, aquedutos e canais de irrigação envolvendo águas de superfície, é natural que haja uma tendência em se considerar essas águas como sendo a maior fonte de atendimento de todas as nossas necessidades. Na realidade, menos de 3% da água potável disponível em qualquer momento, em nosso planeta, provém de mananciais superficiais, rios e lagos. A outra parte, mais de 97 %, estimada em cerca de 10 quatrilhões de m<sup>3</sup> se encontra no subsolo. A água dos lagos e cursos da superfície representa água em trânsito, ao passo que as águas subterrâneas vêm se acumulando de há muitos séculos, com apenas leves acréscimos anuais de volume. Durante um ano, em média, as águas dos cursos superficiais se renovam mais ou menos 30 vezes. O relativamente lento movimento da água infiltrando-se no solo propicia-lhe íntimo e longo contato com os minerais que formam a crosta terrestre e que nela vão se dissolvendo em maior ou menor proporção. Assim, a água subterrânea vai aumentando seu teor de substâncias dissolvidas à medida em que se prossegue no seu movimento, até que entre essas ocorra um equilíbrio seja alcançado. Muitos fatores do meio influem nos processos químicos. Os minerais dissolvidos na água subterrânea afetam seus usos específicos. Se uma ou mais substâncias dissolvidas estiverem presentes em quantidade superior à que pode ser tolerada, a água dever ser submetida a um tratamento que as remova ou diminua sua concentração, de modo que possa servir para o fim pretendido. A maior parte das águas subterrâneas não contém matéria suspensa. É, de regra, límpida e incolor. São características que contrastam com as águas de superfície, em geral turbidas e de considerável teor de bactérias. A água subterrânea é, pois, de superior qualidade. ÁGUA (1974) in (LUDOVICE, 1997).

Segundo POWER e SCUEPERS (1989), a água subterrânea abastece o suprimento original de água doméstica para mais de 90 % da população rural da América do Norte. Consequentemente, a proteção da água subterrânea é da maior importância. Esse relatório revê o problema de controle de poluição por nitrato da água subterrânea da América do Norte. A acumulação de nitrato na água subterrânea é provavelmente atribuída às diferentes fontes para diferentes regiões. Nas últimas décadas, as áreas sob irrigação e o uso de fertilizantes nitrogenados têm aumentado consideravelmente e ambos têm, provavelmente, contribuído para os problemas do nitrato na água subterrânea.

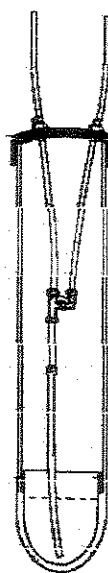
LUDOVÍČE (1997), em seu trabalho cita que o Estado de São Paulo responde atualmente por cerca de 70 % da produção nacional de álcool, sendo portanto, detentor de um potencial poluidor (vinhaça e águas de lavagem), incorporando a esta produção o equivalente a 6 vezes a carga de esgotos produzida por sua população. Em muitos casos, a atividade industrial encontra-se desenvolvida sobre áreas de recarga dos principais aquíferos do Estado, segundo estudos conclusivos de SABADIA (1994).

### **3.3. LISÍMETRO DE SUÇÃO**

PARIZEK e LANE (1970), desenvolveram o lisímetro de sucção baseado em um protótipo descrito por WAGNER (1962), apresentados nas Figura 3.1 e 3.2, respectivamente, por meio das modificações propostas, tornou-se possível coletar água da zona não saturada a aproximadamente 15 m de profundidade, obtendo 700 mL de água em média.



**Figura 3.1:** Modelo do lisímetro de sucção desenvolvido por Parizek e Lane (1970).



**Figura 3.2:** Modelo do lisímetro de sucção desenvolvido por Wagner (1962)

SILKWORTH e GRIGAL (1981) in (HORNBY, ZABICK e CRAWLEY, 1986), indicaram os lisímetros de sucção com cápsulas porosas como os melhores para a coleta de água da zona não saturada. Estes são fáceis de instalar, têm baixo custo e podem ser instalados em áreas com atividades já desenvolvidas sem causar perturbação excessiva do solo e suas estruturas.

Baseado em um extenso programa de testes com lisímetros de sucção, BALLESTERO, HERZOG e EVANS et al (1991) descreveram as seguintes conclusões e recomendações:

- Antes da instalação no campo, os lisímetros de sucção devem ser testados à uma pressão de 1 Kgf/ cm<sup>2</sup> para verificar a presença de vazamentos;
- A pressão aproximada de entrada de ar ou pressão de borbulhamento para a cápsula cerâmica é de 2,38 atm, para a cápsula de fluxo baixo de 1,22 atm;
- O uso de pó de sílica ao redor da cápsula porosa anula a maioria dos entupimentos associados às partículas finas do solo;
- O intervalo de operação efetiva dos lisímetros de sucção está entre 0 e 0,6 bar de sucção usando ou não o pó de sílica.

CARRASCO (1995), faz as seguintes recomendações sobre a confecção e a instalação do lisímetro de sucção:

- Na instalação das estações de monitoração é necessário uma perfeita compactação do solo ao redor das sondas de ponta porosa, evitando-se o caminho preferencial da água no solo;
- Na construção das sondas de ponta porosa, o mais indicado para a colagem da cápsula porosa é a massa acrílica e não a cola de silicone, pois com a massa a cápsula se prende com maior segurança;
- Não é recomendado o uso de massa de vedação nas pontas das mangueiras das sondas de ponta porosa, pois a mesma pode cair no interior das mesmas e se misturar com a amostra de água. O ideal é a colocação de mangueiras látex com presilhas nas pontas;
- Na coleta de amostras feitas por lisímetros de sucção confeccionados com cápsula porosa deve-se usar somente pressão negativa pois a pressão positiva faz desprender a cápsula porosa.

O raio de amostragem de um lisímetro de sucção geralmente é fornecido em centímetros e, portanto, vários aparelhos são necessários para o conjunto funcionar como um sistema efetivo de coleta de amostras (MORRINSON e LOWERY, 1990 in BALLESTERO, HERZOG e EVANS et al, 1991).

### 3.4. CÁPSULAS POROSAS

SILKWOTH e GRIGAL (1981), compararam quatro tipos de amostradores: com cápsulas porosas de cerâmica pequena (2,2 cm de diâmetro e 5,7 cm de comprimento), com cápsula porosa de cerâmica grande (4,8 cm de diâmetro e 6,2 cm de comprimento), com cápsula de vidro sintetizado (2,5 cm de diâmetro e 20 cm de comprimento), e com fibra de celulose (5 cm de diâmetro 25 cm de comprimento). Eles concluíram que, a cápsula de cerâmica grande demonstrou ser o melhor tipo de cápsula, por ter sido a que provocou menor alteração na composição da solução do solo e a que apresentou menos falhas na obtenção das amostras. Estas cápsulas apresentaram valores semelhantes aos obtidos pelas cápsulas de vidro, que foram construídas com o objetivo de garantir a não interferência do material na amostra. As cápsulas de vidro, embora tenham se mostradas adequadas para a coleta de amostra de água no solo, apresentaram limitações quanto ao alto custo e fragilidade.

CREASEY e DREISS (1985), realizaram um estudo comparativo entre cápsula de cerâmica, alumina e teflon, lavadas e não lavadas com HCl 1N. As concentrações dos elementos traços e dos cátions maiores, acabam sendo lixiviados e retirados nas cápsulas porosas, sendo que são significativamente menores nas cápsulas lavadas do que nas não lavadas. Entretanto, mesmo após serem lavadas com 1 litro de HCl 1N, ainda havia níveis detectáveis de contaminantes provindos das cápsulas porosas.

USEPA (1986) in (BALLESTERO, HERZOG e EVANS et al, 1991), sugeriu a utilização de teflon para a confecção de equipamentos de monitoração para minimizar a contaminação e interferência na amostra.

O potencial de contaminação das amostras foi pesquisados por PETERS e HEALY (1988), comparando-se dados químicos das análises de água retirada de lisímetros de sucção construídos com diferentes materiais nas partes onde não se utiliza a cápsula porosa. Os resultados indicaram que o cobre, PVC e aço inoxidável não tiveram influência na quantidade da amostra. Entretanto, materiais galvanizados podem contribuir com Zn (zinco) e Mn (manganês) para a amostra.

### 3.5. COLETA DE AMOSTRAS

As amostras coletadas por vácuo, são representativas de um volume de solo, diferentes do que seriam se fossem coletadas sob fluxo natural, devido às perturbações causadas pelo vácuo aplicado na cápsula (VANDER PLOEG e BEESE, 1977). Além disso, o raio de influência de uma unidade que extrai água continuamente pode ser maior que em unidades descontínuas.

ANDERSON (1986), citou que durante uma amostragem longa (uma semana), a sucção inicial de 80 centibares decresceu para zero, quando o fluido encheu o amostrador. Embora uma sucção inicial alta, colete primeiramente a solução que passa pelos poros menores, a amostra irá constituir-se predominantemente da solução proveniente dos poros maiores, devido à maior facilidade em remover a solução e as maiores velocidades de fluxo nestes poros.

Ainda segundo ANDERSON (1986), a contribuição relativa da solução proveniente de poros grandes e poros pequenos em uma amostra, dependerá dos seguintes fatores: da distribuição do tamanho dos poros em contato com o amostrador, da área de influência de amostragem, da umidade residual do solo e da sucção do amostrador. Se as concentrações dentro de diferentes tamanhos de poros do solo variar, as concentrações amostradas dependerão da proporção dos fluidos provenientes em cada classe de tamanho dos poros.

### 3.6. LIMITAÇÕES DOS LISÍMETROS DE SUÇÃO

Os lisímetros de sucção não são recomendados para determinação de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), sólidos suspensão e bactérias, pois estes e outros materiais, são filtrados pela cápsula porosa. A infiltração e adsorção das bactérias pelas cápsulas porosas de cerâmica acaba tornando imprópria para análises de coliformes fecais. PARIZEK e LANE (1970) in (BALLESTERO, HERZÖG e EVANS et al, 1991)

Além das alterações químicas das amostras, outros fatores tem sido levantados: variações na composição da solução em períodos curtos de tempo, a distribuição do tamanho dos poros do solo onde está instalada a cápsula porosa e o procedimento de amostragem, isto é, quantidade de vácuo aplicado, tempo necessário para extrair a amostra e volume da amostra coletado e o intervalo de coleta pode ter influência no volume coletado, pois uma demora na retirada de amostra pode começar a entupir os poros das cápsulas porosas. (HORNBY, ZABICK e CRAWLEY, 1986)

Sorção e repulsão de íons pela cápsula porosa de cerâmica, podem mudar substancialmente a composição da solução amostrada, principalmente quando o contaminante amostrado é um ânion presente em baixas concentrações (ANDERSON, 1986).

Ainda segundo Anderson (1986), o solo pode influenciar na composição química das amostras coletadas nos lisímetros de sucção.

O procedimento de perfuração do solo pode sujar e compactar as paredes do mesmo, causando decréscimo da condutividade hidráulica, reduzindo portanto o raio de influência do lisímetro de sucção, podendo também afetar os padrões de fluxo de água em volta do ponto de amostragem. Este fator é muito importante em solos com textura fina (HORNBY, ZABICK e CRAWLEY, 1986).

Questões tem sido levantadas sobre a validade das amostras coletadas por lisímetros de sucção. Alguns estudos têm indicado que a cápsula de cerâmica pode alterar a composição química das amostras, tornando-as não representativas da qualidade real da amostra (BALLESTERO, HERZOG e EVANS et al ,1991).

Ainda segundo BALLESTERO, HERZOG e EVANS et al (1991), ocorrem vários problemas na operação dos lisímetros, dentre eles pode-se citar::

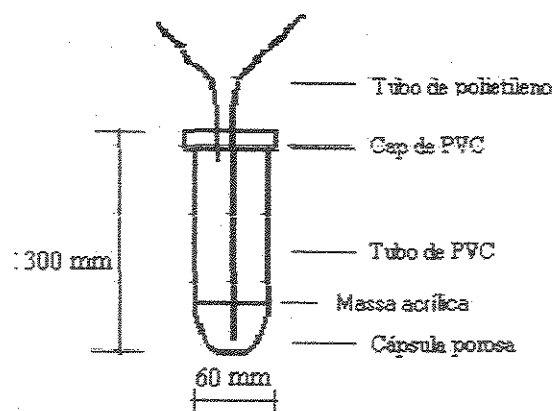
- \*Os métodos de instalação podem alterar significativamente as condições naturais;
- \*Os materiais de construção dos lisímetros podem contribuir com constituintes químicos ou remover estes constituintes da amostra obtida;
- \*A aplicação de vácuo pode mudar o fluxo natural através dos poros, ou mudar a concentração química dos constituintes da amostra quando esta entra no lisímetro de sucção.

## **4 METODOLOGIA**

A metodologia para a condução da pesquisa foi dividida em quatro etapas: desenvolvimento do lisímetro de sucção; desempenho dos lisímetros de sucção; parâmetros monitorados e análises dos resultados obtidos.

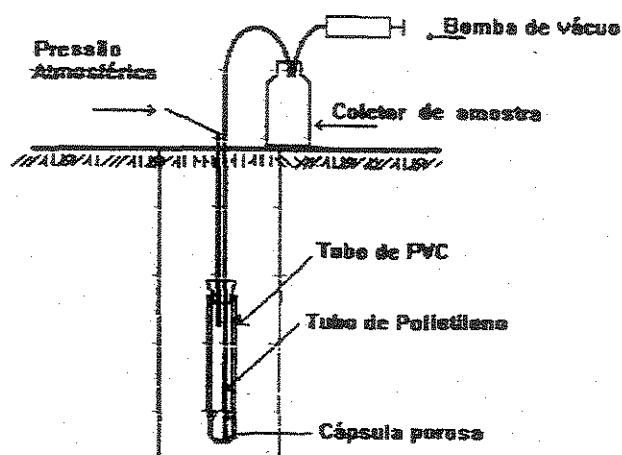
### **4.1 DESENVOLVIMENTO DO LISÍMETRO DE SUCÇÃO**

Os lisímetros de sucção são sondas utilizadas para captação e monitoração de solução de solo, e posterior análise química e física., sendo que sua confecção procede-se da seguinte maneira: Utiliza-se de um tubo de PVC rígido de DN 50 mm sendo que este tubo é fechado em sua extremidade superior por um cap de PVC, utilizando-se cola de PVC e borracha de vedação. Neste cap são feitos dois furos para a passagem dos tubos de polietileno, conhecido como mangueira cristal. Um deles parte da extremidade inferior da cápsula porosa até o recipiente coletor de amostra enquanto que o outro penetra poucos centímetros no tubo de PVC, utilizado para aplicação do vácuo. Na extremidade inferior acopla-se a cápsula porosa, utilizando-se de cola tipo araldite e massa acrílica para garantir uma boa vedação a fim de impedir a entrada de ar, conforme é demonstrado na Figura 4.1.



**Figura 4.1:** Lisímetro de Sucção

Os lisímetros de sucção funcionam da seguinte maneira: quando instalado no solo, os poros da cápsula tornam-se uma extensão dos poros do solo, que ao aplicar vácuo no interior da cápsula, faz com que a pressão no interior desta, seja menor do que a pressão do solo, fazendo com que o fluxo de água entre na cápsula porosa. A seguir, na Figura 4.2, é demonstrado a instalação de um lisímetro de sucção no solo.



**Figura 4.2:** Lisímetro de sucção instalado no solo, demonstrando o procedimento de coleta de amostra (LUDOVICE, 1997)

#### 4.1.1 CONFEÇÃO DAS CÁPSULAS POROSA

Os materiais a serem utilizados na confecção das cápsulas porosas foram os seguintes:

Composição 01 (C1) – Cerâmica (Comercial);

Composição 02 (C2) –Diatomita;

Composição 03 (C3) – Plástico Sinterizado;

Composição 04 (C4) – Polipropileno.

Estes materiais foram escolhidos em razão do seu baixo custo, adequando a um dos objetivos do trabalho, e por ser facilmente encontrado no mercado. Todas as cápsulas porosas foram adquiridas prontas, pois assim diminui o custo na confecção do lisímetro de sucção.

A cápsula porosa cerâmica é confeccionada da seguinte maneira: separa-se a matéria prima, quartzo em forma de areia, caulim, argila residual, talco e água, em seguida é feita a dosagem do material e coloca-se na moagem em moinhos de bola e logo após adiciona-se silicato de sódio. Após este processo, coloca-se na fôrma e retira-se após 24 horas, em seguida coloca-se para queimar em 1300 °C durante 18 horas. Esta cápsula porosa foram adquiridas da cerâmica Vera Cruz, localizada no município de Pedreira-SP.

A Diatomita é um mineral de origem sedimentar, constituído de microorganismos diatomáceos com diâmetros de 4 microns, coberto de uma carapaça de sílica pura de forma e estruturas variadas, composto com prata coloidal com microporosidade. O plástico sinterizado é composto por um elemento filtrante e microporosidade tendo uma resina plástica em pó sinterizada. O polipropileno também é uma resina plástica produzida em grãos esféricos

As figuras dos lisímetros de sucção confeccionados com as composições citadas acima, são demonstrados no ANEXO B.

Na confecção do lisímetro de sucção com cápsula porosa de plástico sinterizado e polipropileno, utilizou-se durepox para vedação, pois a massa acrílica não aderiu adequadamente a estas cápsulas porosas, apresentando vazamentos.

Na confecção do lisímetro de sucção com cápsula porosa de plástico sinterizado utilizou-se um tubo de P.V.C. rígido de DN 40 mm, pois o diâmetro da cápsula porosa é menor em relação as outras.

A confecção dos lisímetros de sucção foram realizadas no Laboratório de Hidrologia da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas.

## **4.2 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO**

Para determinar as análises físicas do solo foram retiradas amostras correspondentes a quatro profundidades (0,25 m, 0,50 m, 0,75 m e 1,0 m) do solo que foram utilizado no ensaio de campo. Os parâmetros determinados foram os seguintes: Curva Granulométrica e Curva Característica de Retenção de Água no Solo. As referidas análises foram realizadas no Laboratório de Hidrologia, da Faculdade de Engenharia Civil, da Universidade Estadual de Campinas.

### **4.2.1 DETERMINAÇÃO DA CURVA GRANULOMÉTRICA**

As amostras foram retiradas nas profundidades de 0,25 m, 0,50 m, 0,75 m e 1,0 m do solo que foi utilizado no ensaio de campo. Utilizando-se a metodologia da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT nº 7181/84, calculou-se as porcentagens de areia, argila e silte.

A estrutura do solo é responsável pela qualidade da água presente no mesmo e pela sua disponibilidade às plantas, através da quantidade e do tamanho maior ou menor de poros.

Conforme as porcentagens de areia, argila e silte, os solos foram agrupados em classes texturais para determinação das mesmas, conforme recomenda a Sociedade Brasileira do Solo.

#### **4.2.2 DETERMINAÇÃO DA CURVA CARACTERÍSTICA DE RETENÇÃO DA ÁGUA NO SOLO**

A determinação da curva característica de retenção da água no solo tem por objetivo fornecer dados para a avaliação da altura da água disponível no solo

Para a determinação da Curva Característica de Retenção de Água no Solo utilizou-se um aparelho denominado extrator de Richards. As amostras previamente saturadas foram colocadas nas placas do referido extrator e submetidas à pressões que variaram entre 0,1 a 15,0 bar, durante 24 horas, sendo então determinada a sua umidade pelo método gravimétrico. Depois da obtenção de um determinado número de pontos (pressão), construiu-se a curva característica que expressa a umidade do solo (%), em relação ao potencial matricial (bar).

De posse dos resultados, obteve-se a caracterização do solo, sendo o solo a ser utilizado no ensaio de campo do tipo Franco Argilo-Arenoso

Os resultados da determinação da curva granulométrica e da determinação da curva característica de retenção da água no solo, são apresentados no ANEXO A, de forma a auxiliar a interpretação dos resultados obtidos.

#### **4.3 DESEMPENHO DOS LISÍMETROS DE SUCCÃO**

De modo a satisfazer o objetivo da pesquisa, a avaliação do desempenho dos lisímetros de sucção foi dividida em duas partes: análise preliminar e ensaio de campo.

### 4.3.1 ANÁLISE PRELIMINAR

Foram construídos ao todo vinte lisímetros de sucção, sendo cinco da composição 01; cinco da composição 02; cinco da composição 03 e cinco da composição 04, sendo que as mesmas estão relacionadas no item 4.1.1.

Após a confecção dos lisímetros de sucção, foi aplicada uma pressão de  $1 \text{ kgf/cm}^2$ , utilizando-se um Compressor Dia-Pump, Mod. Cal, 110/220 volts e 0,550 Kw, para verificar se não existia nenhum tipo de vazamento, pois isto poderia afetar na coleta dos dados.

Com o intuito de avaliar o funcionamento dos lisímetros de sucção e o efeito seletivo das cápsulas porosas, a análise preliminar foi dividida em duas etapas: análise preliminar – aspecto quantitativo e análise preliminar – aspecto qualitativo.

#### 4.3.1.1 ANÁLISE PRELIMINAR - ASPECTO QUANTITATIVO

Os lisímetros de sucção foram instalados em um reservatório com água e a coleta das amostras foram feitas em intervalos de 30 minutos, sendo que a última coleta da amostra foi realizada após 2 horas do início da análise. Determinou-se a seguir o volume de amostra coletado em cada lisímetro de sucção, sendo que os volumes foram somados, para tanto foi aplicado diferentes vácuos (de 0,2 a 0,8 bar), utilizando-se de um Compressor Dia-Pump, Mod. Cal, 110/220 volts e 0,550 Kw. Esta análise preliminar foi realizada para verificar em qual intervalo de tempo e vácuo aplicado os lisímetros de sucção terão uma melhor funcionalidade e qual lisímetro de sucção apresenta um melhor volume coletado.

#### 4.3.1.2 ANÁLISE PRELIMINAR – ASPECTO QUALITATIVO

Após a análise dos resultados de vácuo aplicado e escolha do melhor resultado de vácuo obtido no intervalo de tempo em que obteve uma melhor resposta, estes foram instalados em um reservatório com amostra coletada no lago da Praça Hermógenes F. Leitão Filho, conhecido como “lago da Unicamp”, doravante denominado amostra testemunha (A.T.), localizado no Distrito de Barão Geraldo, Campinas-S.P., sendo que esta amostra foi analisada antes de ser aplicada no reservatório. Após a coleta das amostras nos lisímetros de sucção, estas foram analisadas em laboratório segundo análises químicas, segundo os parâmetros citados no item 4.4. Esta análise preliminar foi realizada para se verificar o efeito seletivo das composições utilizadas na confecção das cápsulas porosas sob o aspecto qualitativo, verificando se há existência de diferença entre a amostra que é aplicada no reservatório e a amostra coletada nos lisímetros de sucção.

A seguir é ilustrado na Figura 4.3 a análise preliminar

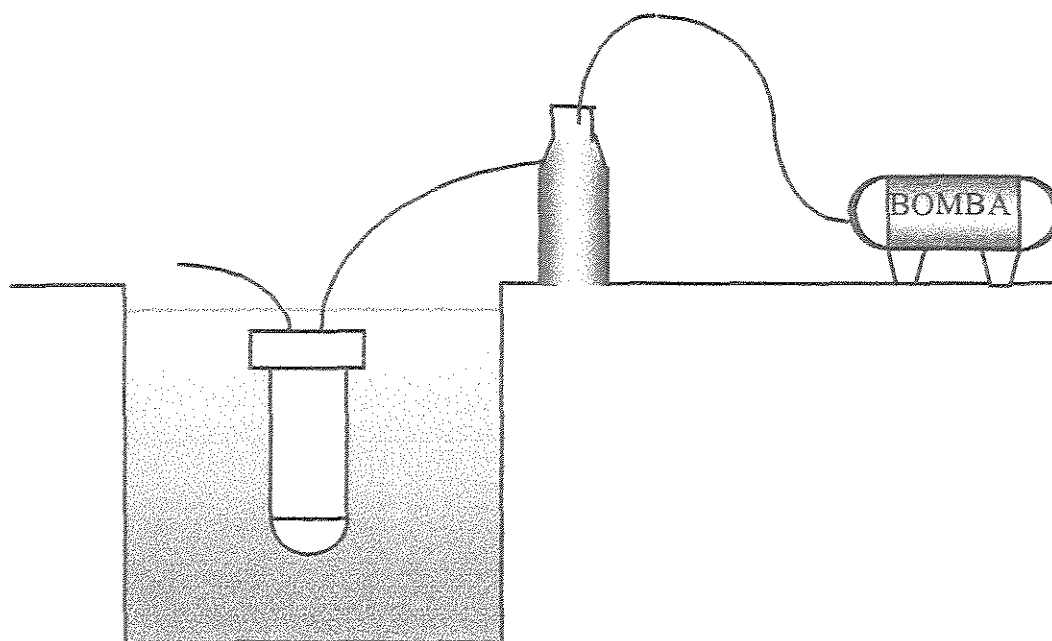


Figura 4.3: Análise preliminar

De forma a facilitar a compreensão da metodologia, são apresentados no ANEXO F.1 as figuras do local de coleta, e equipamentos utilizados na análise preliminar

#### 4.3.2 ENSAIO DE CAMPO

Os lisímetros de sucção foram instalados a uma profundidade de 0,70 m, em um recipiente de 50 litros, sendo este recipiente preenchido com solo franco argilo-arenoso, conforme sua caracterização no item 4.2, seco e peneirado em peneira nº 10. O solo foi depositado em camadas de 0,10 m e compactado levemente, de forma a manter a densidade da partícula semelhante ao solo original. No fundo deste reservatório, foi instalado um dreno, equivalente a um coletor de drenagem livre, para coleta da amostra percolado, doravante denominada amostra do dreno (A.D.), visando verificar se há alteração entre a amostra coletada pelo lisímetro de sucção e a que fica retida no mesmo. Neste recipiente foi aplicado em média 30 L de amostra coletada do “lago da Unicamp”. Tal amostra foi previamente analisada segundo os parâmetros propostos, identificado no item 4.4.

A seguir é demonstrado na Figura 4.4 o ensaio de campo

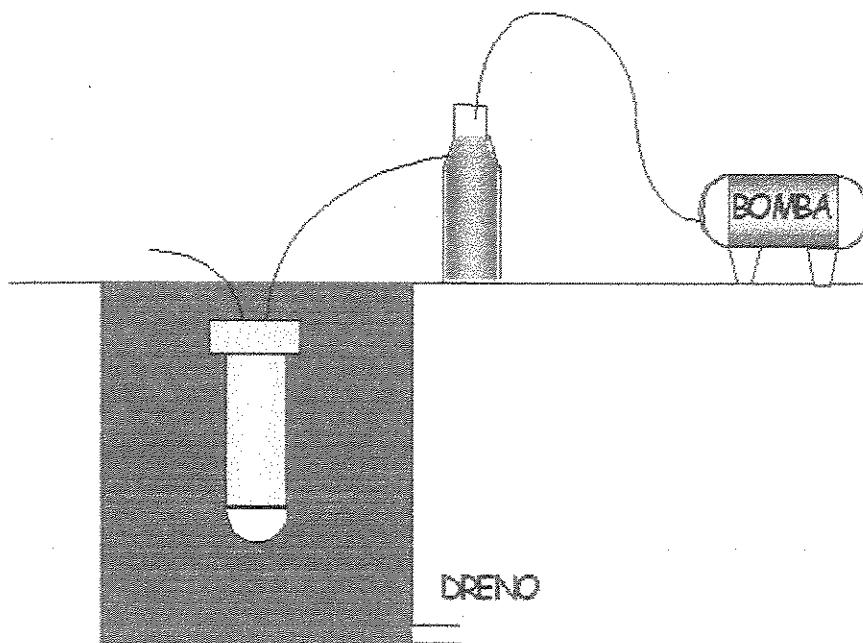


Figura 4.4: Ensaio de campo

Com o objetivo de avaliar o funcionamento dos lisímetros de sucção e o efeito seletivo das cápsulas porosas, o ensaio de campo foi dividida em duas etapas: ensaio de campo – aspecto quantitativo e ensaio de campo – aspecto qualitativo.

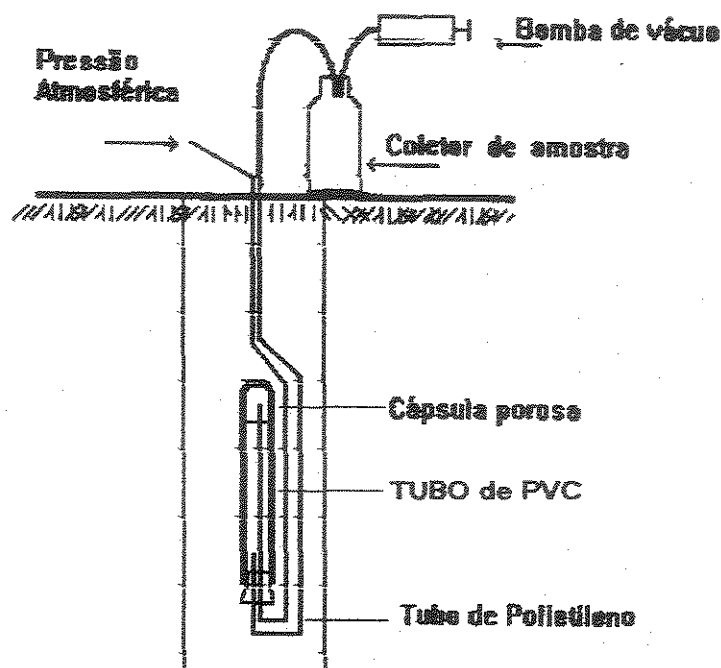
#### 4.3.2.1 ENSAIO DE CAMPO – ASPECTO QUANTITATIVO

Sendo assim, após a instalação dos lisímetros de sucção, aplicação da amostra testemunha e aplicação de vácuo, iniciou-se a coleta das amostras, da seguinte maneira.

Após 24 horas do início do ensaio de campo, foi feita a primeira coleta da amostra no lisímetro de sucção, visando quantificar o volume da amostra coletada, sendo que logo após foi aplicado vácuo novamente.

Após 48 horas do início do ensaio de campo foi feita a segunda coleta da amostra coletada no lisímetro de sucção, visando novamente quantificar o volume da amostra coletada.

Os lisímetros de sucção com os mesmos materiais estudados também serão analisados alterando-se o procedimento de sua instalação no solo, ou seja, a cápsula porosa ao invés de estar voltada para baixo, estará voltada para cima, visando verificar a sua funcionalidade somente sob o aspecto quantitativo, conforme apresentação na Figura 4.5.



**Figura 4.5:** Instalação do lisímetro de sucção de maneira invertida no solo, demonstrando o procedimento de coleta de amostra

#### 4.3.2.2 ENSAIO DE CAMPO – ASPECTO QUALITATIVO

Sendo assim, após a instalação dos lisímetros de sucção, aplicação da amostra testemunha e aplicação de vácuo, iniciou-se a coleta das amostras, da seguinte maneira.

Após 24 horas do início do ensaio de campo, foi feita a primeira coleta da amostra no lisímetro de sucção e da amostra coletada no dreno, visando a realização das análises químicas, análises estas descritas no item 4.4, sendo que logo após foi aplicado vácuo novamente,

Após 48 horas do início do ensaio de campo, foi feita a segunda coleta da amostra no lisímetro de sucção e da amostra coletada no dreno, visando novamente a realização das análises químicas.

Após a coleta das amostras no lisímetro de sucção e no dreno, foi retirada uma amostra do solo que envolve a cápsula porosa e colocada em um centrifugador Excelsa 3 onde foram separadas as partículas do solo e da água, visando a realização das análises químicas desta amostra, doravante denominada amostra do solo (A.S.)

De forma a facilitar a compreensão da metodologia, são apresentados no ANEXO F.2 as figuras do ensaio de campo.

#### **4.4 PARÂMETROS MONITORADOS**

As amostras testemunha (A.T.), do dreno (A.D.), do solo (A.S.) e dos lisímetros de sucção, foram analisadas determinando-se: pH (Potencial Hidrogeniônico); Condutividade Elétrica; DQO (Demanda Química de Oxigênio) e Fósforo.

Os procedimentos de coleta e conservação das amostras utilizados são aqueles contidos no *Standard Methods for Examination of the Water and Wastewater*, 19<sup>o</sup> ed. (1995)

As análises químicas das amostras foram realizadas no Laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas.

#### **4.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS**

De modo a satisfazer o objetivo da pesquisa, a análise dos resultados obtidos foi dividida em duas etapas: análises preliminar e ensaio de campo

#### **4.5.1 ANÁLISE PRELIMINAR**

Com o intuito de facilitar a compreensão das análises dos resultados obtidos, a análise preliminar foi dividida em duas etapas: análise preliminar – aspecto quantitativo e análise preliminar – aspecto qualitativo.

##### **4.5.1.1 ANÁLISE PRELIMINAR – ASPECTO QUANTITATIVO**

Os resultados médios obtidos do volumes da coleta nos lisímetros de sucção, foram analisados mediante comparações entre os lisímetros de sucção C2 e C1; C3 e C1; C4 e C1, nos intervalos de tempo determinados e vácuos aplicados.

##### **4.5.1.2 ANÁLISE PRELIMINAR – ASPECTO QUALITATIVO**

Os resultados obtidos para cada um dos parâmetros monitorados, foram analisados mediante comparações entre as amostras coletadas nos lisímetros de sucção e a amostra testemunha coletada na “lagoa da Unicamp”, isto é, comparações entre C1 e A.T., C2 e A.T., C3 e A.T. e C4 e A.T.

#### **4.5.2 ENSAIO DE CAMPO**

Com o intuito de facilitar a compreensão das análises dos resultados obtidos, o ensaio de campo foi dividido em duas etapas: ensaio de campo – aspecto quantitativo e ensaio de campo – aspecto qualitativo.

#### 4.5.2.1 ENSAIO DE CAMPO – ASPECTO QUANTITATIVO

Os resultados médios obtidos do volumes da coleta nos lisímetros de sucção, foram analisados mediante comparações entre os lisímetros de sucção C2 e C1; C3 e C1; C4 e C1, nos intervalos de tempo de 24 hs e 48 hs. Repetiu-se este procedimento nos lisímetros de sucção instalados de maneira invertida no solo, visando verificar em qual maneira de instalação no solo o lisímetro de sucção apresenta um melhor resultado sob o aspecto quantitativo

#### 4.5.2.2 ENSAIO DE CAMPO – ASPECTO QUALITATIVO

Os resultados obtidos para cada um dos parâmetros monitorados, foram analisados mediante comparações entre as amostras coletadas nos lisímetros de sucção e a amostra testemunha coletada na “lagoa da Unicamp”, isto é, comparações entre C1 e A.T., C2 e A.T., C3 e A.T. e C4 e A.T.

Com o objetivo de verificar se existe alguma interferência do solo na amostra testemunha, foram realizadas análises químicas na amostra retirada do centrifugador e da amostra do dreno. Todavia, se houver a interferência na amostra testemunha pelo solo, as comparações entre as amostras coletadas nos lisímetros de sucção e as amostras testemunhas serão alteradas para amostras coletadas nos lisímetros de sucção e amostras do solo, isto é, as comparações ficariam da seguinte maneira: C1 e A.S., C2 e A.S., C3 e A.S. e C4 e A.S.

Isto posto, e de posse dos dados obtidos para os diferentes parâmetros monitorados de cada lisímetro de sucção confeccionado, serão iniciadas análises mediante a determinação da Remoção (R), calculado com a expressão:

$$R = \frac{X_{ef} - X_s}{X_{ef}} \times 100$$

Onde:

X<sub>ef</sub> = parâmetro analisado da amostra testemunha

X<sub>s</sub> = parâmetro analisado da amostra coletada pelos lisímetros de sucção

R = grau de remoção em %

Para estas avaliações será utilizada análises estatísticas, dentre elas a Análise de Regressão, Teste F para a análise de variância. Para tanto, será utilizado o Programa Ajuste (Zullo Júnior, 1986) que fornece os resultados apropriados e suas correlações. Este programa fornece o modelo estatístico, com o valor de F correspondente. Com este valor, deve-se consultar a tabela de valores críticos de F em função dos números de graus de liberdade (GL) e do nível de significância desejada, ou seja, se o valor de F calculado for menor que o F tabelado, diz-se que o teste não foi significativo para o nível de probabilidade escolhido (no caso 1 %) e se F calculado for maior que o F tabelado, diz-se que o teste foi significativo, o mesmo foi utilizado por Martins (2000), indicando ser bastante satisfatório. Na Tabela 4.1 é apresentado o modelo da análise estatística realizada com o Teste F.

**Tabela 4.1:** Modelo da análise estatística.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	S.Q. regressão	S.Q.regressão/1	Q.M. reg. /Q.M. res.
<b>Resíduo</b>	15	S.Q. resíduo	S.Q. resíduo/15	-
<b>Total</b>	16	S.Q. total	-	-

Onde:

FV: Fator de Variância;

GL: Grau de Liberdade;

SQ: Soma dos Quadrados;

QM: Quadrados Médios.

#### **4.6 ANÁLISE DO CUSTO DA CONFECCÃO DOS LISÍMETROS DE SUCÇÃO**

Com o objetivo de analisar economicamente os lisímetros de sucção confeccionados com os materiais estudados, foram feitas análises do custo da confecção destes lisímetros de sucção.

## **5.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

De posse de todos os resultados obtidos dos ensaios, aqui são analisados e discutidos todos os parâmetros estudados.

### **5.1 ANÁLISE PRELIMINAR**

Com o objetivo de facilitar a discussão dos resultados obtidos e avaliar o funcionamento dos lisímetros de sucção e o efeito seletivo das cápsulas porosas, as análises preliminares foram divididas em duas fases: análises preliminares – aspecto quantitativo e análises preliminares – aspecto qualitativo.

#### **5.1.1 ANÁLISE PRELIMINAR – ASPECTO QUANTITATIVO**

Os resultados obtidos indicaram um aumento significativo do volume de água coletada no lisímetro de sucção C2, C3 e C4 comparando-se com o lisímetro de sucção C1, isto ocorreu em todos os intervalos de tempo e vácuo aplicado, podendo ser observado na Tabela 5.1.

**Tabela 5.1:** Resultados médios do volume (L) obtidos na análise preliminar – aspecto quantitativo, aplicando vácuo de 0,2; 0,4; 0,6 e 0,8 bar

Vácuo (bar)	Tempo (min.)	Volume (L)			
		C1	C2	C3	C4
0,2	30	0,17	6,00	8,54	9,06
	60	0,33	11,67	15,02	17,20
	90	0,49	16,89	22,77	24,28
	120	0,65	22,79	28,99	31,23
0,4	30	0,22	6,77	9,15	9,57
	60	0,43	13,35	16,69	18,46
	90	0,63	19,84	23,59	24,96
	120	0,82	26,03	31,06	32,00
0,6	30	0,35	7,47	9,97	10,86
	60	0,69	14,88	17,18	18,65
	90	0,97	21,87	24,65	25,05
	120	1,23	28,85	32,15	32,67
0,8	30	0,45	8,09	10,67	12,06
	60	0,87	15,98	18,20	19,14
	90	1,19	23,66	25,06	25,92
	120	1,46	31,18	32,97	33,27

Comparando-se os resultados médios obtidos do volume coletado nos lisímetro de sucção C2 com C1, observou-se um aumento no volume em média de 3595,12 % com vácuo de 0,2 bar, 3113,21 % com vácuo de 0,4 bar, 2254,32 % com vácuo de 0,6 bar, 1992,93 % com vácuo de 0,8 bar. Repetindo-se o procedimento entre os lisímetros de sucção C3 e C4 com C1, observou-se um aumento no volume em média de 4592,68 % com vácuo de 0,2 bar, 3796,22 % com vácuo de 0,4 bar, 2591,36 % com vácuo de 0,6 bar, 2194,95 % com vácuo de 0,8 bar e 4985,37 % com vácuo de 0,2 bar, 4009,43 % com vácuo de 0,4 bar, 2692,59 % com vácuo de 0,6 bar, 2282,83 % com vácuo de 0,8 bar, respectivamente.

Os resultados obtidos das análises estatísticas comprovaram a alteração significativa do volume coletado pelos lisímetros de sucção confeccionados com diatomita, plástico sinterizado e

polipropileno e a comparação entre eles e o lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, o que pode ser observado no ANEXO G, tabelas G.1 a G.12.

Observou-se que avançar do tempo de coleta, diminui-se o volume coletado, ou seja, a cápsula porosa satura e assim minimiza a sua eficiência de coleta.

Para o ensaio de campo – aspecto quantitativo, vamos utilizar vácuo de 0,6 bar, conforme a eficiência dos resultados obtidos e seguindo as recomendações de BALLESTERO HERZOG e EVANS (1991), que recomenda a utilização do vácuo no intervalo de 0 a 0,6 bar.

Os resultados das análises preliminares – aspecto quantitativo e do desvio padrão estão organizados em tabelas no ANEXO C e de forma a auxiliar a interpretação dos resultados obtidos, os mesmos foram organizados em forma de gráficos, onde na abscissa é colocado o tempo (min.), e na ordenada os valores de volume (L), e os mesmos são apresentados no ANEXO D.1.

### **5.1.2 ANÁLISE PRELIMINAR – ASPECTO QUALITATIVO**

Com o objetivo de facilitar a discussão dos resultados obtidos e avaliar o efeito seletivo das cápsulas porosas, as análises preliminares – aspecto qualitativo foram divididas em quatro parâmetros: pH; condutividade elétrica; DQO e fósforo.

#### **5.1.2.1 pH**

Os resultados obtidos da determinação de pH podem ser observados na Tabela 5.2.

**Tabela 5.2:** Resultados das determinações de pH na análise preliminar – aspecto qualitativo.

Coleta	pH				
	A.T.	C1	C2	C3	C4
01	6,95	6,89	7,01	6,91	6,93
02	7,23	7,19	7,24	7,20	7,24
03	7,12	7,08	7,11	7,09	7,09
04	6,85	7,16	7,05	6,87	6,89
05	7,05	7,03	7,12	7,04	7,05
<b>Média</b>	7,04	7,07	7,11	7,02	7,04
<b>Desv. Pad.</b>	0,15	0,12	0,09	0,13	0,14

Os resultados obtidos indicaram que não houve alteração do pH das amostras coletadas nos lisímetros de sucção em relação a amostra testemunha, o que pode ser comprovado nas análises estatísticas apresentados no ANEXO G, Tabelas G.13 a G.16.

#### 5.1.2.2 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

Os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica podem ser observados na Tabela 5.3.

**Tabela 5.3:** Resultados das determinações de Condutividade Elétrica ( $\mu\text{ S/cm}^2$ ). na análise preliminar – aspecto qualitativo.

Coleta	Condutividade Elétrica ( $\mu\text{ S/cm}^2$ )				
	A.T.	C1	C2	C3	C4
01	123,5	265,0	126,7	142,6	135,6
02	154,0	250,6	155,2	163,5	159,7
03	145,3	231,6	147,8	149,5	147,3
04	172,6	304,0	176,0	178,4	175,3
05	174,2	286,0	179,5	180,4	178,7
<b>Média</b>	153,9	267,4	157,0	162,9	159,3
<b>Desv. Pad.</b>	21,0	28,5	21,6	16,9	18,3

Comparando-se os resultados obtidos das amostras coletadas nos lisímetros de sucção C1 com a amostra testemunha, observou-se um aumento da condutividade elétrica em média de 74,11 %. Repetindo-se o procedimento entre os resultados obtidos das amostras coletadas nos lisímetros de sucção C2, C3 e C4 com a amostra testemunha, observou-se um aumento da condutividade elétrica em média de 2,24 %, 6,04 % e 3,72 %, respectivamente.

Observou-se nos resultados obtidos, que houve um aumento da condutividade elétrica da amostra coletada pelo lisímetro de sucção C1, isto ocorreu devido aos materiais que constituem a cápsula porosa cerâmica, materiais estes descritos no item 4.1.1, pois os mesmos contêm sais em suas composições, alterando assim a qualidade real da amostra, o que confirma as citações de BALLESTERO, HERZOG e EVANS et al, 1991).

Os resultados obtidos das análises estatísticas comprovaram a alteração significativa da condutividade elétrica das amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica em relação a amostra testemunha, o que pode ser observado no ANEXO G, Tabelas G.17 a G.20.

Com o objetivo de minimizar esta alteração, lavou-se a cápsula porosa com água destilada, doravante denominada C1 (dest.). Após construir o lisímetro de sucção com esta cápsula porosa, colocou-se na sua parte interna água destilada e deixou-se escoando por 24 horas,. Após este tempo foram feitas algumas coletas com cápsula porosa de cerâmica lavada e não lavada com água destilada, e observou-se os seguintes resultados, apresentados na Tabela 5.4.

**Tabela 5.4:** Resultados das determinações de Condutividade Elétrica ( $\mu \text{ S/cm}^2$ ), onde uma cápsulas porosas de cerâmica foi lavada com água destilada, na análise preliminar – aspecto qualitativo.

Coleta	Condutividade Elétrica ( $\mu \text{ S/cm}^2$ )		
	A.T.	C1	C1 (dest.)
01	172,0	304,0	199,3
02	174,0	286,0	202,1
03	165,6	287,5	198,4
04	159,3	263,6	182,0
05	163,9	288,4	197,0
<b>Média</b>	167,0	285,9	195,8
<b>Desv Pad.</b>	6,0	14,4	7,9

Comparando-se o resultados obtidos das amostras coletadas nos lisímetros de sucção C1 com a amostra testemunha, observou-se um aumento da condutividade elétrica em média de 71,24 % e nas amostras coletadas nos lisímetros de sucção C1 (dest.) observou-se um aumento da condutividade elétrica em média de 17,25 %.

Portanto, a metodologia aplicada para lavar a cápsula porosa de cerâmica com água destilada mostrou-se eficiente, minimizando o aumento da condutividade elétrica em média de 53,99 %. Todavia, esta metodologia não deixou de alterar significativamente o resultados obtidos, o que pode ser observado nas análises estatísticas apresentados no anexo G, Tabelas G.21 e G.22.

### 5.1.2.3 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO)

Os resultados obtidos da determinação de DQO podem ser observados na Tabela 5.5.

**Tabela 5.5:** Resultados das determinações de DQO (mg O<sub>2</sub>/L) na análise preliminar – aspecto qualitativo.

Coleta	DQO (mg O <sub>2</sub> /L)				
	A.T.	C1	C2	C3	C4
01	113,70	15,60	16,20	17,80	17,20
02	127,25	23,25	25,75	33,25	33,31
03	127,53	19,50	19,70	23,50	22,80
04	129,54	26,53	36,23	39,84	39,03
05	136,75	35,75	50,75	53,25	52,20
<b>Média</b>	126,95	27,79	37,81	41,90	43,09
<b>Des. Pad</b>	8,39	4,68	8,93	7,30	7,90

Os resultados obtidos indicaram que os lisímetros de sucção retêm matéria orgânica em suas cápsulas porosas, o que foi afirmado por BALLESTERO, HERZOG e EVANS et al (1991) in (PARIZEK e LANE, 1970), que não recomendava as amostras coletadas pelo lisímetro de sucção para determinação de DBO, sólidos suspensos e bactérias, por reter matéria orgânica.

Os resultados obtidos das análises estatísticas comprovaram a alteração significativa da DQO das amostras coletadas nos lisímetros de sucção em relação a amostra testemunha, o que pode ser observado no ANEXO G, Tabelas G.23 a G.26.

#### 5.1.2.4 FÓSFORO

Os resultados obtidos da determinação de fósforo podem ser observados na Tabela 5.6.

**Tabela 5.6:** Resultados das determinações de Fósforo (mg P/L) na análise preliminar – aspecto qualitativo.

Coleta	Fósforo (mg P/L)				
	A.T.	C1	C2	C3	C4
01	0,075	0,153	0,073	0,072	0,072
02	0,089	0,176	0,087	0,088	0,087
03	0,078	0,154	0,074	0,074	0,075
04	0,092	0,144	0,090	0,089	0,088
05	0,109	0,166	0,081	0,090	0,088
<b>Média</b>	0,086	0,159	0,081	0,083	0,082
<b>Desv. Pad</b>	0,0135	0,0125	0,0076	0,0088	0,0078

Comparando-se os resultados obtidos das amostras coletadas nos lisímetros de sucção C1 com a amostra testemunha, observou-se um aumento do fósforo em média de 84,88 %. Repetindo-se o procedimento entre os resultados obtidos das amostras coletadas nos lisímetros de sucção C2, C3 e C4 com a amostra testemunha, observou-se uma retenção de 5,80 %, 3,49 % e 4,65 %, respectivamente.

Os resultados obtidos das análises estatísticas comprovaram a alteração significativa do fósforo das amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e também comprovaram que não houve alteração nas amostras coletadas nos lisímetros de sucção confeccionado com diatomita, plástico sinterizado e polipropileno, o que pode ser observado no ANEXO G, Tabelas G.27 a G.30.

Observou-se nos resultados obtidos, que houve um aumento do fósforo da amostra coletada no lisímetro de sucção C1, devido aos mesmos problemas encontrados na determinação da condutividade elétrica. Portanto, foi utilizado a mesma metodologia de lavagem da cápsula porosa cerâmica com água destilada, feita na determinação da condutividade elétrica, descrita no item 5.1.2.2. Observou-se os seguintes resultados, apresentados na Tabela 5.7.

**Tabela 5.7:** Resultados das análises de Fósforo (mg P/L), onde uma cápsulas porosas de cerâmica foram lavadas com água destilada.

Coleta	Fósforo (mg P/L)		
	A.T.	C1	C1 (dest.)
01	0,109	0,166	0,086
02	0,078	0,154	0,071
03	0,095	0,145	0,084
04	0,093	0,139	0,083
05	0,102	0,151	0,090
<b>Média</b>	0,095	0,151	0,083
<b>Desv Pad.</b>	0,0116	0,0101	0,0071

Comparando-se os resultados obtidos das amostras coletadas nos lisímetros de sucção C1 com a amostra testemunha, observa-se um aumento do fósforo em média de 58,94 % e nas amostras coletadas nos lisímetros de sucção C1 (dest.), observou-se que uma retenção do fósforo em média de 12,63 %.

Portanto, a metodologia aplicada para lavar a cápsula porosa de cerâmica com água destilada mostrou-se eficiente, minimizando o aumento do fósforo em de 71,57 %. Todavia, esta metodologia não deixou de alterar significativamente o resultados obtidos, o que pode ser observado nas análises estatísticas no anexo G, Tabelas G.31 e G.32.

De modo a auxiliar a interpretação dos resultados obtidos das análises preliminares – aspecto qualitativo, os mesmos foram organizados em forma de gráficos, onde na abscissa é colocado as coletas, e na ordenada os valores dos parâmetros monitorados, e os mesmos são apresentados no ANEXO D.2.

## 5.2 ENSAIO DE CAMPO

Com o objetivo de facilitar a discussão dos resultados obtidos e avaliar o funcionamento dos lisímetros de sucção e o efeito seletivo das cápsulas porosas, o ensaio de campo foi dividido em duas fases: ensaio de campo – aspecto quantitativo e ensaio de campo – aspecto qualitativo.

### 5.2.1 ENSAIO DE CAMPO – ASPECTO QUANTITATIVO

Os resultados obtidos indicaram um aumento do volume de água coletada nos lisímetros de sucção C2, C3 e C4 em relação ao lisímetro de sucção C1, isto ocorreu nos intervalos de tempo de 24 h e 48 h, podendo ser observado na Tabela 5.8.

**Tabela 5.8:** Resultados do volume (L) obtidos nos intervalos de tempo de 24 hs e 48 hs, no ensaio de campo – aspecto quantitativo.

Coleta	Tempo (h)	Volume (L)			
		C1	C2	C3	C4
01	24	0,203	0,234	0,263	0,197
	48	0,173	0,179	0,178	0,163
02	24	0,193	0,219	0,254	0,202
	48	0,180	0,172	0,184	0,194
03	24	0,183	0,221	0,263	0,195
	48	0,168	0,184	0,185	0,179
04	24	0,192	0,236	0,258	0,192
	48	0,170	0,179	0,183	0,169
05	24	0,195	0,227	0,258	0,200
	48	0,173	0,186	0,187	0,176
Média	24	0,193	0,227	0,259	0,197
	48	0,173	0,179	0,184	0,176
Desv. Pad	24	0,007	0,008	0,004	0,004
	48	0,005	0,006	0,003	0,011

Comparando-se os resultados médios obtidos do volume coletado entre os lisímetros de sucção C2 com C1, no intervalo de 24 hs, ver anexo C, observou-se um aumento no volume em

média de 17,62 %. Repetindo-se o procedimento entre os resultados médios obtidos nos lisímetros de sucção C3 e C4 com C1, observou-se um aumento no volume em média de 34,20 % e 2,07 %, respectivamente.

Comparando-se os resultados médios obtidos do volume coletado entre os lisímetros de sucção C2 com C1, no intervalo de 48 hs, observou-se um aumento no volume em média de 3,47 %. Repetindo-se o procedimento entre os resultados médios obtidos nos lisímetros de sucção C3 e C4 com C1, observou-se um aumento no volume em média de 6,36 % e 1,73 %, respectivamente.

Observou-se um melhor resultado do volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com plástico sinterizado em relação ao lisímetro de sucção confeccionado com cápsula de cerâmica, tanto no intervalo de tempo de 24 hs quanto no intervalo de tempo de 48 hs.

Os resultados obtidos do volume coletado nos lisímetros de sucção no intervalo de tempo 48 hs, diminuíram em média 17,78 % em relação ao volume coletado no intervalo de tempo de 24 hs, o que confirma as citações de HORNBY, ZABICK E CRAWLEY (1986), na qual informa que pode existir influência no volume coletado ao passar do tempo, provocado provavelmente em razão de entupimento dos poros das cápsulas porosas.

Os resultados obtidos das análises estatísticas comprovaram que não houve alteração significativa do volume coletado nos lisímetros de sucção confeccionados com diatomita, plástico sinterizado e polipropileno e a comparação entre eles e o lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, nos intervalos de 24 hs e 48 hs, o que pode ser observado no ANEXO G, Tabelas G.33 a G.38.

Os resultados obtidos do volume coletado nos lisímetros de sucção instalados de maneira invertida no solo, estão apresentados na Tabela 5.9.

**Tabela 5.9:** Resultados do volume (L) obtidos no ensaio de campo – aspecto quantitativo, no intervalo de tempo de 24 hs e 48 hs, onde os lisímetros de sucção foram instalados de maneira invertida.

Coleta	Tempo (h)	Volume (L)			
		C1	C2	C3	C4
01	24	0,290	0,310	0,321	0,286
	48	0,195	0,201	0,199	0,198
02	24	0,302	0,306	0,322	0,295
	48	0,198	0,200	0,202	0,200
03	24	0,294	0,306	0,318	0,297
	48	0,189	0,196	0,200	0,195
04	24	0,294	0,311	0,316	0,289
	48	0,186	0,202	0,200	0,190
05	24	0,299	0,310	0,320	0,289
	48	0,191	0,200	0,198	0,192
<b>Média</b>	24	0,296	0,309	0,319	0,291
	48	0,192	0,200	0,200	0,195
<b>Desv. Pad</b>	24	0,005	0,003	0,003	0,005
	48	0,005	0,002	0,001	0,004

Comparando-se os resultados médios obtidos de volume coletado entre os lisímetros de sucção C2 com C1, no intervalo de 24 hs, observou-se um aumento no volume em média de 4,40 %. Repetindo-se o procedimento entre os resultados médios obtidos de volume coletado nos lisímetros de sucção C3 com C1, observou-se um aumento no volume em média de 7,77 % e entre os resultados médios obtidos de volume coletado nos lisímetros de sucção C4 com C1, observou-se uma redução de 2,69 %.

Comparando-se os resultados médios obtidos do volume coletado nos lisímetros de sucção C2 com C1, no intervalo de 48 hs, observou-se um aumento no volume em média de 4,17 %. Repetindo-se o procedimento entre os resultados médios obtidos do volume coletado pelos lisímetros de sucção C3 e C4 com C1, observou-se um aumento no volume em média de 4,17 % e 1,56 %, respectivamente.

Observou-se um melhor resultado do volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com plástico sinterizado comparando-se com o lisímetro de sucção confeccionado com cápsula de cerâmica, no intervalo de tempo de 24 hs e um melhor resultado do lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e plástico sinterizado no intervalo de tempo de 48 hs.

Os resultados obtidos do volume coletado nos lisímetros de sucção no intervalo de tempo 48 hs, diminuíram em média 35,18 % em relação ao volume coletado no intervalo de tempo de 24 hs, o que confirma as citações de HORNBY, ZABICK E CRAWLEY (1986), na qual informava que poderia existir influência no volume coletado ao passar do tempo, provocado provavelmente por entupimento dos poros das cápsulas porosas.

Os resultados obtidos das análises estatísticas comprovaram que não houve alteração significativa do volume coletado nos lisímetros de sucção confeccionados com diatomita, plástico sinterizado e polipropileno e a comparação entre eles e o lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, nos intervalos de 24 hs e 48 hs, o que pode ser observado no ANEXO G, Tabelas G.39 a G.44.

Os resultados obtidos do volume coletado nos lisímetros de sucção instalados de maneira invertida aumentaram em média 40,00 % no intervalo de 24 hs e 10,55 % no intervalo de 48 hs em relação aos lisímetros de sucção instalados de maneira convencional. Portanto podemos afirmar que a instalação invertida dos lisímetros de sucção no solo melhora a sua funcionalidade no aspecto quantitativo e esta diferença do intervalo de 24 hs para o intervalo de 48 hs reafirma as citações de HORNBY, ZABICK e CRAWLEY (1986), pois nos dois sistemas de instalados dos lisímetros de sucção no solo estudados no ensaio de campo aspecto – quantitativo, no intervalo de 48 hs, observou-se que os lisímetros de sucção tiveram uma funcionalidade homogênea, comprovando-se que ao decorrer do tempo começam a entupir os poros das cápsulas porosas.

**Tabela 5.11:** Resultados das determinações da Condutividade Elétrica ( $\mu \text{ S/cm}^2$ ), obtidos no ensaio de campo – aspecto qualitativo, no intervalo de tempo de 24 e 48 hs.

Coleta	Tempo (h)	Condutividade Elétrica ( $\mu \text{ S/cm}^2$ )						
		A.T.	A.S.	A.D.	C1	C2	C3	C4
01	24	156,2	228,6	230,8	296,4	231,0	240,8	238,9
	48	156,2	228,6	232,8	301,5	231,9	241,9	240,2
02	24	144,0	220,1	224,0	290,6	226,8	233,7	232,4
	48	144,0	220,1	225,4	294,7	227,3	234,6	234,0
03	24	173,2	232,6	234,2	310,6	236,0	242,3	241,5
	48	173,2	232,6	235,2	313,4	237,2	243,8	242,8
04	24	154,5	226,5	228,8	293,0	230,3	237,0	236,7
	48	154,5	226,5	230,2	297,1	231,3	238,9	237,6
05	24	159,3	229,8	230,6	298,0	231,7	242,1	239,8
	48	159,3	229,8	232,6	302,6	233,0	244,0	241,3
Média	24	157,4	227,5	229,7	297,7	231,1	239,2	237,9
	48	157,4	227,5	231,2	301,9	232,1	240,6	239,2
Desv. Pad	24	10,52	4,70	3,73	7,56	3,3	3,73	3,51
	48	10,52	4,70	3,71	7,21	3,55	3,95	3,46

Com o objetivo de verificar a influência do solo na amostra testemunha, comparou-se os resultados obtidos na determinação da Condutividade Elétrica ( $\mu \text{ S/cm}^2$ ) destas amostras e observou-se que houve um aumento em média de 44,54 %, o que pode ser comprovado nas análises estatísticas apresentadas no ANEXO G, Tabelas G.57 a G.60.

Portanto, podemos afirmar que o solo tem influência sobre a amostra testemunha, alterando o seu valor real, o que confirma a citação de ANDERSON (1986), a respeito da influência do solo na composição química das amostras. Sendo assim, as amostras coletadas nos lisímetros de sucção serão comparadas com a amostra do solo.

Comparando-se os resultados obtidos das amostras coletadas nos lisímetros de sucção C1 com a amostra do solo, no intervalo de tempo de 24 hs, observou-se um aumento da condutividade elétrica em média de 30,86 %. Repetindo-se o procedimento entre os resultados

das amostras coletadas pelo lisímetro de sucção C2, C3 e C4 com a amostra do solo, no intervalo de tempo de 24 h, observou-se um aumento da condutividade elétrica em média de 1,58 %, 5,14 % e 4,57 %, respectivamente.

Comparando-se os resultados obtidos das amostras coletadas nos lisímetro de sucção C1 com a amostra do solo, no intervalo de tempo de 48 hs, observou-se um aumento da condutividade elétrica em média, de 32,27 %. Repetindo-se o procedimento entre os resultados das amostras coletadas pelo lisímetro de sucção C2, C3 e C4 com a amostra do solo, no intervalo de tempo de 48 h, observou-se um aumento da condutividade elétrica em média de 2,02 %, 5,76 % e 5,14 %, respectivamente.

De posse dos resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica, podemos afirmar que praticamente não existiu alteração entre os intervalos de tempo de 24 hs e 48 hs.

Os resultados obtidos das análises estatísticas comprovaram a alteração significativa da condutividade elétrica das amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica em relação a amostra testemunha, nos intervalos de tempo de 24 hs e 48 hs o que pode ser observado no ANEXO G, Tabelas G.61 a G.68.

Observou-se nos resultados obtidos, que houve um aumento da condutividade elétrica da amostra coletada pelo lisímetro de sucção C1, devido aos mesmos problemas encontrados na determinação da condutividade elétrica, na análise preliminar. Portanto, foi utilizado a mesma metodologia de lavagem da cápsula porosa cerâmica com água destilada, feita na determinação da condutividade elétrica, na análise preliminar, descrita no item 5.1.2.2. Observou-se os seguintes resultados, apresentados na Tabela 5.12.

**Tabela 5.12:** Resultados das análises de Condutividade Elétrica ( $\mu\text{ S/cm}^2$ ), onde uma cápsulas porosas de cerâmica foi lavada com água destilada, obtidos no ensaio de campo – aspecto qualitativo, no intervalo de tempo de 24 e 48 hs.

Coleta	Tempo (h)	Condutividade Elétrica ( $\mu\text{ S/cm}^2$ )				
		A.T.	A.S	A.D	C1	C1 (dest.)
01	24	156,2	228,6	230,8	296,4	246,0
	48	156,2	228,6	232,8	301,5	248,6
02	24	144,0	220,1	224,0	290,6	243,8
	48	144,0	220,1	225,4	294,7	244,9
03	24	173,2	232,6	234,2	310,6	249,8
	48	173,2	232,6	235,2	313,4	250,7
04	24	154,5	226,5	228,8	293,0	245,7
	48	154,5	226,5	230,2	297,1	247,0
05	24	159,3	229,8	230,6	298,0	246,2
	48	159,3	229,8	232,6	302,6	248,1
<b>Média</b>	24	157,4	227,5	229,7	297,7	246,3
	48	157,4	227,5	231,2	301,9	247,9
<b>Desv Pad.</b>	24	10,5	4,66	3,68	7,72	2,17
	48	10,5	4,66	3,71	7,21	2,13

Comparando-se os resultados obtidos das amostras coletadas nos lisímetros de sucção C1 com a amostra do solo, no intervalo de tempo de 24 hs, observou-se um aumento da condutividade elétrica em média de 30,86 % e nas amostras coletadas nos lisímetro de sucção C1 (dest.) observou-se um aumento da condutividade elétrica em média de 8,23 %. Repetindo-se o procedimento, no intervalo de tempo de 48 hs, observou-se um aumento da condutividade elétrica em média de 32,70 % e nas amostras coletadas nos lisímetro de sucção C1 (dest.) observou-se um aumento da condutividade elétrica em média de 8,97 %.

Portanto, a metodologia aplicada para lavar a cápsula porosa de cerâmica com água destilada mostrou-se eficiente, minimizando o aumento da condutividade elétrica em média de 17,24 %, no intervalo de 24 hs e de 17,89 %, no intervalo de 48 hs. Todavia, esta metodologia não deixou de alterar significativamente o resultados obtidos, o que pode ser observado nas análises estatísticas apresentadas no anexo G, Tabelas G.70 e G.71.

### 5.2.2.3 DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO)

Os resultados obtidos da determinação de DQO, nos intervalos de tempo de 24 hs e 48 hs, podendo ser observado na Tabela 5.13.

**Tabela 5.13:** Resultados das determinações da DQO (mg O<sub>2</sub>/L), obtidos no ensaio de campo – aspecto qualitativo, no intervalo de tempo de 24 e 48 hs.

Coletas	Tempo (h)	DQO (mg O <sub>2</sub> /L)						
		A.T.	A.S.	A.D.	C1	C2	C3	C4
01	24	138,21	194,07	194,23	45,22	48,56	52,87	53,48
	48	138,21	194,07	201,54	48,51	50,42	54,56	57,55
02	24	126,26	190,54	190,25	42,89	46,56	51,26	51,58
	48	126,26	190,54	211,27	45,40	49,32	55,38	54,40
03	24	156,23	229,61	229,02	50,89	52,87	56,26	57,06
	48	156,23	229,61	250,89	54,65	55,43	58,35	58,16
04	24	135,54	201,20	201,00	49,04	50,98	56,12	56,89
	48	135,54	201,20	242,30	52,45	56,22	58,19	59,75
05	24	142,72	211,28	211,32	49,74	49,96	55,84	56,21
	48	142,72	211,28	239,25	52,73	55,41	58,86	59,13
Média	24	140,19	205,14	205,36	47,56	49,79	54,47	55,04
	48	140,19	205,14	228,25	50,75	53,36	57,07	57,8
Desv. Pad	24	10,93	15,19	15,96	3,37	2,39	2,27	2,41
	48	10,93	15,19	21,11	3,73	3,23	1,95	2,08

Com o objetivo de verificar a influência do solo na amostra testemunha, comparou-se os resultados obtidos na determinação do DQO (mg O<sub>2</sub>/L) destas amostras e observou-se que houve um aumento da em média de 46,34 %, o que pode ser comprovado nas análises estatísticas apresentadas no ANEXO G, Tabelas G.71 a G.74.

Portanto, podemos afirmar que o solo tem influência sobre a amostra testemunha, alterando o seu valor real, o que confirma a citação de ANDERSON (1986), a respeito da influência do solo na composição química das amostras. Sendo assim, as amostras coletadas nos lisímetros de sucção serão comparadas com a amostra do solo.

Os resultados obtidos indicaram que os lisímetros de sucção retêm matéria orgânica em suas cápsulas porosas, o que foi afirmado por BALLESTERO, HERZOG e EVANS et al (1991) in (PARIZEK e LANE, 1970), que não recomendava as amostras coletadas pelo lisímetro de sucção para determinação de DBO, sólidos suspensos e bactérias, por reter matéria orgânica.

De posse dos resultados obtidos da determinação da DQO, podemos afirmar que praticamente não existiu alteração entre os intervalos de tempo de 24 hs e 48 hs.

Os resultados das análises estatísticas comprovaram a alteração significativa da DQO coletado nos lisímetros de sucção comparando-se com a amostra do solo, o que pode ser observado no ANEXO G, Tabelas G.76 a G.82.

#### 5.2.2.4 FÓSFORO

Os resultados obtidos na determinação de fósforo, nos intervalos de tempo de 24 hs e 48 hs, podendo ser observado na tabela 5.14.

**Tabela 5.14:** Resultados das determinações de Fósforo (mg P/L) obtidos no ensaio de campo – aspecto qualitativo, no intervalo de tempo de 24 e 48 hs.

Coleta	Tempo (h)	Fósforo (mg P/L)						
		A.T.	A.S.	A.D.	C1	C2	C3	C4
01	24	0,091	0,111	0,113	0,163	0,106	0,103	0,105
	48	0,091	0,111	0,120	0,168	0,107	0,104	0,105
02	24	0,069	0,096	0,097	0,152	0,093	0,090	0,092
	48	0,069	0,096	0,103	0,157	0,093	0,091	0,093
03	24	0,104	0,116	0,116	0,167	0,111	0,109	0,112
	48	0,104	0,116	0,122	0,172	0,112	0,109	0,112
04	24	0,077	0,100	0,103	0,155	0,095	0,094	0,094
	48	0,077	0,100	0,109	0,161	0,097	0,094	0,096
05	24	0,095	0,113	0,114	0,163	0,107	0,105	0,105
	48	0,095	0,113	0,118	0,169	0,108	0,107	0,106
Média	24	0,087	0,107	0,109	0,160	0,102	0,100	0,102
	48	0,087	0,107	0,114	0,165	0,103	0,101	0,102
Desv. Pad	24	0,0141	0,0087	0,0082	0,0062	0,0079	0,0079	0,0084
	48	0,0141	0,0087	0,008	0,006	0,008	0,008	0,008

Com o objetivo de verificar a influência do solo na amostra testemunha, comparou-se os resultados obtidos na determinação do fósforo (mg P/L) destas amostras e observou-se que houve um aumento da em média de 22,99 %, o que pode ser comprovado nas análises estatísticas apresentadas no ANEXO G, Tabelas G.85 a G.88.

Portanto, podemos afirmar que o solo tem influência sobre a amostra testemunha, alterando o seu valor real, o que confirma a citação de ANDERSON (1986), a respeito da influência do solo na composição química das amostras. Sendo assim, as amostras coletadas nos lisímetros de sucção serão comparadas com a amostra do solo.

Comparando-se os resultados obtidos das amostras coletadas pelo lisímetro de sucção C1 com a amostra do solo, no intervalo de tempo de 24 hs, observou-se um aumento do fósforo em média de 49,53 %. Repetindo-se o procedimento entre os resultados obtidos das amostras coletadas pelo lisímetro de sucção C2, C3 e C4 com a amostra do solo, observou-se uma redução do fósforo em média de 4,67 %, 9,26 % e 4,67 %, respectivamente.

Comparando-se os resultados obtidos das amostras coletadas pelo lisímetro de sucção C1 com a amostra do solo, no intervalo de tempo de 48 hs, observou-se um aumento do fósforo em média de 54,2 %. Repetindo-se o procedimento entre os resultados obtidos das amostras coletadas pelo lisímetro de sucção C2, C3 e C4 com a amostra do solo, observou-se uma redução do fósforo em média de 3,74 %, 5,60 % e 4,67 %, respectivamente.

De posse dos resultados obtidos da determinação do fósforo, podemos afirmar que praticamente não existiu alteração entre os intervalos de tempo de 24 hs e 48 hs.

Os resultados obtidos das análises estatísticas comprovaram a alteração significativa do fósforo das amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica em relação a amostra testemunha, nos intervalos de tempo de 24 hs e 48 hs, o que pode ser observado no ANEXO G, Tabelas G.87 a G.94.

Observou-se nos resultados obtidos, que houve um aumento do fósforo da amostra coletada pelo lisímetro de sucção C1, provavelmente pelos mesmos problemas encontrados na determinação da condutividade elétrica, na análise - preliminar. Para tal foi utilizado a mesma metodologia de lavagem da cápsula porosa cerâmica com água destilada, feita na determinação da condutividade elétrica, na análise preliminar, descrita no item 5.1.2.2. Observou-se os seguintes resultados, apresentados na Tabela 5.15

**Tabela 5.15:** Resultados das análises de fósforo (mg P/L), onde uma cápsulas porosas de cerâmica foi lavadas com água destilada, obtidos no ensaio de campo – aspecto qualitativo, no intervalo de tempo de 24 e 48 hs.

Coleta	Tempo (h)	Fósforo (mg P/L)				
		Amostra	A.S	A.D	C1	C1 (dest.)
01	24	0,091	0,111	0,113	0,163	0,118
	48	0,091	0,111	0,120	0,168	0,120
02	24	0,069	0,096	0,097	0,152	0,104
	48	0,069	0,096	0,103	0,157	0,106
03	24	0,104	0,116	0,116	0,167	0,119
	48	0,104	0,116	0,122	0,172	0,122
04	24	0,077	0,100	0,103	0,155	0,110
	48	0,077	0,100	0,109	0,161	0,111
05	24	0,095	0,113	0,114	0,163	0,118
	48	0,095	0,113	0,118	0,169	0,122
Média	24	0,087	0,107	0,109	0,160	0,114
	48	0,087	0,107	0,114	0,165	0,116
Desv Pad.	24	0,0141	0,0087	0,0082	0,0062	0,0066
	48	0,0141	0,0087	0,008	0,006	0,007

Comparando-se os resultados obtidos das amostras coletadas pelo lisímetro de sucção C1 com a amostra do solo, no intervalo de tempo de 24 h, observou-se um aumento do fósforo em média de 49,53 % e no lisímetro de sucção C1 (dest.) observou-se um aumento da fósforo em média de 6,54 %. Repetindo-se o procedimento, no intervalo de tempo de 48 hs observou-se um aumento do fósforo em média de 54,20 % e no lisímetro de sucção C1 (dest.) observou-se um aumento da fósforo em média de 8,41 %.

Portanto, a metodologia aplicada para lavar a cápsula porosa de cerâmica com água destilada mostrou-se eficiente, minimizando o aumento da fósforo em média de 17,24 %, no intervalo de 24 hs e de 17,89 %, no intervalo de 48 hs. Todavia, esta metodologia não alterou significativamente os resultados obtidos, o que pode ser observado nas análises estatísticas apresentadas no anexo G, Tabelas G.95 e G.96.

De forma a auxiliar a interpretação dos resultados obtidos, os mesmos foram organizados em forma de gráficos, onde na abscissa é colocado o coleta, e na ordenada os valores Dos parâmetros a serem analisados, e os mesmos são apresentados no ANEXO E.2.

### 5.3 ANÁLISE DO CUSTO DA CONFECÇÃO DOS LISÍMETROS DE SUCCÃO

O custo da confecção dos lisímetros de sucção com as cápsulas porosas estudadas são apresentados na Tabela 5.16.

**Tabela 5.16:** Custo da confecção dos lisímetros de sucção.

LISÍMETRO DE SUCCÃO	CUSTO	
	R\$	US\$
Cerâmica	4,30	2,21
Diatomita	5,00	2,58
Plástico sinterizado	4,50	2,32
Polipropileno	18,00	9,28

Nota: cotação do dólar: R\$ 1,94

Portanto, como um dos objetivos do lisímetro de sucção é uma monitoração com custo baixo, torna-se inviável o lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno, pois teve um resultado homogêneo em relação aos outros lisímetros estudados mas

com um custo maior na sua confecção. Mesmo a longo prazo não seria recomendado a sua utilização.

## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Pelos resultados obtidos a nas condições estudadas, chegou-se às seguintes conclusões:

Os lisímetros de sucção confeccionados com cápsula porosa de diatomita, plástico sinterizado e polipropileno obtiveram melhores resultados na análise preliminar – aspecto quantitativo, sendo que ao avançar do tempo diminui o volume coletado em razão da saturação da cápsula porosa.

Os resultados obtidos na determinação do pH não apresentaram alterações em nenhuma avaliação do desempenho de qualquer um dos lisímetros de sucção.

Os resultados obtidos na determinação da condutividade elétrica na análise preliminar – aspecto quantitativo, apresentaram alterações na amostra coletada no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica em relação a amostra testemunha, em razão dos materiais que constituem a cápsula porosa.. Portanto, concluiu-se que o lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica não é recomendado para determinação da condutividade elétrica. Os outros lisímetros de sucção estudados apresentaram resultados satisfatórios.

Os resultados obtidos na determinação da DQO, apresentaram alterações em todos os lisímetros de sucção estudados, pois as cápsulas porosas retêm matéria orgânica, sendo que este fato ocorreu tanto na análise preliminar quanto no ensaio de campo. Portanto, concluiu-se que o todos os lisímetros de sucção não são recomendados para determinação da DQO.

Os resultados obtidos na determinação do fósforo na análise preliminar – aspecto quantitativo, apresentaram alterações na amostra coletada no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica em relação a amostra testemunha, em razão dos materiais que constituem a cápsula porosa. Portanto, concluiu-se que o lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica não é recomendado para determinação do fósforo. Os outros lisímetros de sucção estudados apresentaram resultados satisfatórios.

No ensaio de campo – aspecto quantitativo conclui-se que o lisímetro de sucção estudados tiveram resultados homogêneos no volume coletado em relação à análise preliminar, tendo o lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado obtido um melhor resultado. Neste ensaio também pode-se concluir que ao avançar do tempo diminui o volume coletado, em razão da saturação da cápsula porosa e do entupimento dos poros pelo solo.

A instalação invertida do lisímetro de sucção no solo mostrou-se eficiente, aumentando em média o volume coletado em 40,00 % em relação a maneira convencional. Portanto, a indicação da instalação invertida do lisímetro de sucção no solo é a mais recomendada.

Com relação a influência do solo na amostra testemunha, observou-se a alteração significativa na determinação da condutividade elétrica, DQO e fósforo. Portanto, concluiu-se que o solo continha nutrientes e matéria orgânica em sua composição, que alteraram estas determinações.

Os resultados obtidos dos parâmetros monitorados no ensaio de campo – aspecto qualitativo, não sofreram alterações significativas comparando-se o intervalo de tempo de 24 hs e o intervalo de tempo de 48 hs.

Os resultados obtidos na determinação da condutividade elétrica no ensaio de campo – aspecto quantitativo, apresentaram alterações na amostra coletada no lisímetro de sucção

confeccionado com cápsula porosa de cerâmica em relação a amostra do solo, em razão dos materiais que constituem a cápsula porosa. Portanto, concluiu-se que o lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica não é recomendado para determinação da condutividade elétrica. Os outros lisímetros de sucção estudados apresentaram resultados satisfatórios.

Os resultados obtidos na determinação do fósforo no ensaio de campo – aspecto quantitativo, apresentaram alterações na amostra coletada no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica em relação a amostra do solo, em razão dos materiais que constituem a cápsula porosa. Portanto, concluiu-se que o lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica não é recomendado para determinação do fósforo. Os outros lisímetros de sucção estudados apresentaram resultados satisfatórios.

A lavagem da cápsula porosa de cerâmica diminuiu os efeitos, porém não trouxe diferença significativa aos parâmetros estudados.

Recomenda-se a utilização de cápsula porosa de diatomita e plástico sinterizado e a utilização de cápsula porosa de polipropileno torne-se inviável em alguns casos em razão do seu maior custo em relação as outras cápsulas, sendo que os resultados forma semelhantes.

Recomenda-se a utilização do lisímetro de sucção instalado no solo de maneira invertida, facilitando assim a sua funcionalidade e eficiência na coleta de amostra.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - ÁGUA subterrânea tubulares; tradução da primeira edição do original norte-americano publicado pela **UOP Johnson Division Saint Paul**, Minesota, U.S.A., rev. São Paulo: Cetesb, 2 ed, p. 3-37. 1974.
- 2 - AWWA/APHS/WEF. **Standard Methods for Examination of Water and Wasterwater**, 19<sup>a</sup> ed. Washington, DC: APHA, 1995.
- 3 - ANDERSON, L. D.. Problems Interpreting Samples Taken With Large-Volume, Falling-Suction Soil Water Samples. **Ground Water**, Dublin, U.S.A., vol. 24 (6), p. 761 – 769, nov./dec. 1986.
- 4 - ARCEIVALA, S. J.. Wastewater treatment and disposal. **Engineering and ecology in pollution control**. Marcel Dekker, INC. New York, U.S.A., Cap. 09, p. 429-527, 1981
- 5 - BALLESTERO, T.; HERZOG, B.;EVANS, O D.; THOMPSON, G.. Monitoring and Sampling the Vadose Zone. In NIELSEN, M. N. **Practical Handbook of Ground-Water Monitoring**, Chelsea, U.K., Lewis Publishers, ed.12,vol. 4, p. 97 – 141. 1991
- 6 – CAMPOS, V.J. Tratamento de Efluente Bruto Cítrico Líquido no Solo por Meio de Sulcos Largos de Infiltração. 1995. 166 p. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. Campinas-S.P.

- 7 - CARDOSO, E. J. B. M. Efeito da Matéria Orgânica na Biologia do Solo. In: VI Encontro sobre Matéria Orgânica do Solo, Problemas e Soluções. 1992, Botucatu, SP. **Anais do VI Encontro sobre Matéria Orgânica do Solo, Problemas e Soluções**, Botucatu, SP 1992, 23 p.
  
- 8 - CREASEY, C. L.; DREISS, S. J. Soil Water Samples: do They Significantly Bias Concetrations in Water Samples In NWWA (National Water Well Association) Conference on Characterzation and Monitoring of the Vadose Zone, **Proceding**, Dublin, U.S.A., p. 173 – 181. 1985.
  
- 9 - CUNHA, R. C. de A.; CASARIM, D. C. P.; GLOEDEN, E.; FRACCAROLI, M. J de B.; MACEDO, R. M. Sistemas de Tratamento de Resíduos Industriais em Solo, In: 16º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA e AMBIENTAL, 1991, Goiânia. **Anais do 16º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Goiânia-Go., 1991. vol. 2, Tomo IV p. 341 - 359.
  
- 10 - FIGUEIREDO, R.F., VIEIRA, D. B., GENOVEZ, A. M.. Tratamento de efluente cítrico líquido pelo processo de irrigação por aspersão. In: 16º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA e AMBIENTAL, 1991, Goiânia. **Anais do 16º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Goiânia-Go., 1991. vol. 2, p. 460 - 475.
  
- 11 - HAINES, B. L.; WAIDE, J. B.; TOOD, R. L.. Soil Solution Nutrient Concestrations Samples With Tensions and Zero-Tension Lysimeters: Report of Discrepancies. **Soil Sci. Soc. AM. J.**, vol. 46, p. 658 – 660. 1982.
  
- 12 - HORNBY, W. J.; ZABICK, J. D.; CRAWLEY, W.. Factors Which Affect Soil Pore Liquid: A Comparation of Currently Avaliable Samples With Two New Desing. **Ground Water Monitoring**, Dublin, U.S.A., p. 61 – 66. 1986.
  
- 13 - LOEHR R.C.. Agricultural waste management: problems, processes and aproachs. Acadenú Press, **Wastewater soil disposal**. Inc, New York, U.S.A., cap. 10.: p 353-390, 1974.

- 14 - LUDOVICE, M. T. F.. **Estudo do Efeito Poluente da Vinhaça Infiltrada em Canal Condutor de Terra em Lençol Freático**. 1997. 117 p. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. Campinas-S.P.
  
- 15 - MÖRRINSON, R. D.; LOWERY, B.. Sampling Radius of a Porous Cup Sampler. Experimental Results. **Ground Water**, vol. 28, n 2, p. 262 – 267, Mar./Apr. 1990.
  
- 16 - MARTINS, R.. **Influência da Irrigação por Aspersão na cultura do Morango (*Fragaria Ananassa Dutch*) na Qualidade de Água do Manancial**. 2000. 214 p. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. Campinas-S.P.
  
- 17 - PARIZEK, R. R.; LANE, B. E. Soil Water Sampling Using Pan and Pressure-Vacuum Lysimeters. **J. Hydrol.**, vol. 11, p. 1 – 21. 1970.
  
- 18 - PETERS, A. C.; HEALY, W. R.. The Representativeness of Pore Water Samples Collected From the Unsaturated Zone Using Pressur-Vacuum Lysimeters. **Ground Water Monitoring Review**, Dublin, U.S.A., p. 96 – 101. 1988.
  
- 19 - POWER, J. F.; SCUEPERS, J. S.. Nitrate concentration of groundwater in North America - **Agriculture Systems and Enviroment**, v 26: p 165-187, 1989.
  
- 20 - SABADIA, J.A.. **Impactos da estocagem de vinhaça e das águas de lavagem da cana- de açúcar nos domínios do aquífero Bauru-Dobrada-São Paulo**. 1994. 123 p. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo – S.P..
  
- 21 - SILKWORTH, D. R.; GRIGAL, D. F.. Field Comparison of Soil Solution Samples. **Soil Sci. SOC. AM. J.**, vol. 45, p. 440 – 442. 1981.

- 22 - U.S.E.P.A (United States Environmental Protection Agency). **Permit Guidance Manual on Unsaturated Zone Monitoring for Hazardous Wastes Land Treatment Units**, Las Vegas, U.S.A., EPA/530-SW-86-040, p. 111, 1986.
- 23 - U.S.E.P.A (United States Environmental Protection Agency). **Process Design Manual for Land Treatment of Municipal Wastewater**, Center for Environmental Research Information, Las Vegas, U.S.A., EPA/625/1-81-013, oct. 1986.
- 24 - VANDER PLOEG, R. R.; BEESE, F.. Model Calculations for the Extraction of Soil Water by Ceramic Cup and Plates. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, vol. 41, p. 466 – 470. 1977.
- 26 - WAGNER, G. H.. Use of Porous Cup Soil Water Samples With Volume Control. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, vol. 10, p. 379 – 386. 1962.
- 27 - ZIMMERMANN, Z. F.; PRINCE, M. T.; MONTGOMERY, J. R.. A Comparison of Ceramic and Teflon in Situ Samples for Nutrient Pore Water Determinations. **Estuarine Coastal Mar. Sci.**, vol. 7, p. 93 – 97. 1978.
- 28 - ZULLO JR., J. A.; ARRUDA, T. R. **Programa Computacional para Ajuste de Equações em Dados Experimentais**. Campinas – SP, Instituto Agronômico. 1986. (Boletim Técnico nº 113)

## ABSTRACT

PANSANI, Alexandre. Adequateness of lysimeter the suction for monitoring of water soil in sanitation. Campinas: 200,. 165 p. dissertação de mestrado. Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Estadual de campinas.

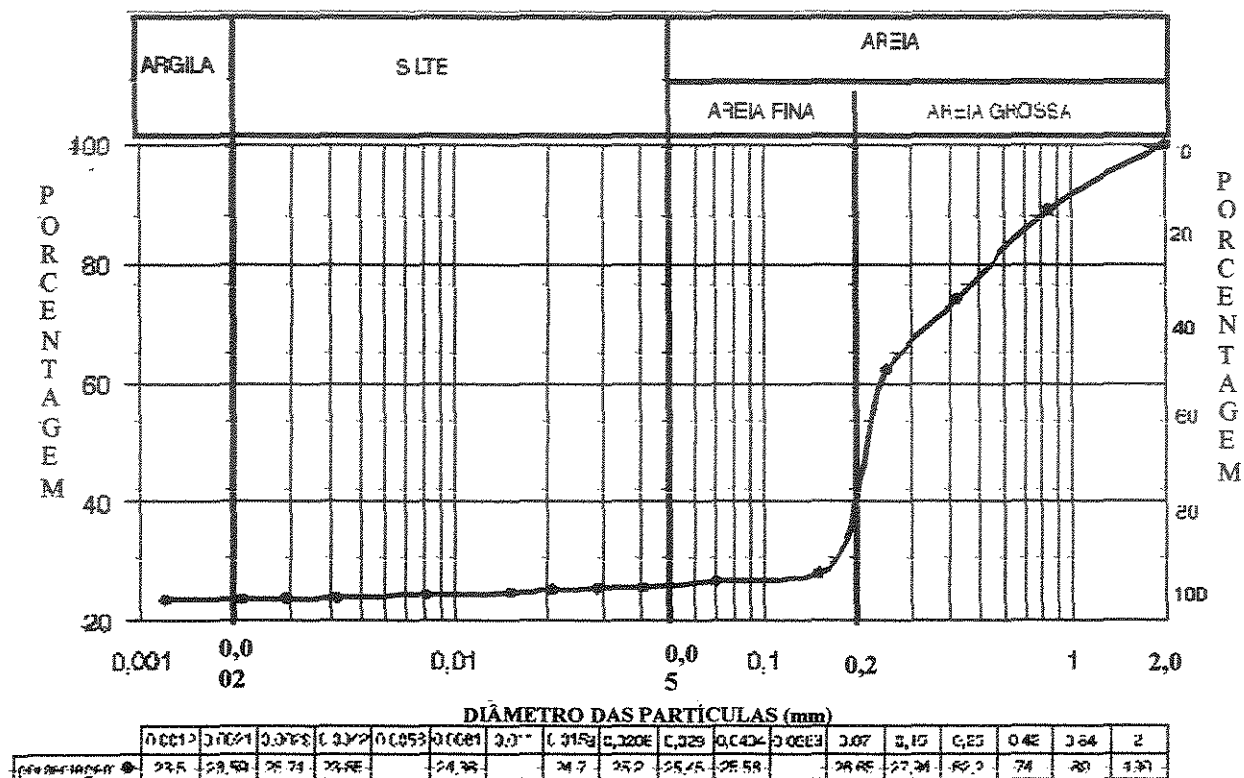
The preservation of water resource is a question of survival of humanity, being one of great preoccupations os leadership politics, scientifics and academics. Nevertheless, is necessary to adapt the monitoring this resources of a brazilian reality, using equipments of easy operation and cost lous. For example, the lysimeters the suction are constitutive for a PVC pipe and a porous capsule, being that in Brazil are make and comercialize always porous capsule of ceramics. However, in this work, are to going monitorate lysimeters the suction developed with porous capsule of ceramics and others materials. The lysimeters the suction are going to collect in the range time determinate, under variations of vacuum aplicate. Posteriorly, the same are going to install in the recipient eith soil, with addition of the determinate volume of water collect of "lake of Unicamp", where are going to collect samples in the range time determinate too, without variation of evaluate in relation a quantitatives aspects: volume collect and qualitatives: pH, electrical conductivity, COD and phosphorus. The gotten results had recomend the use of the lysimeters the suction confectioned with porous sintery plastic capsule, the installation of the tysimeters the suction in inverted way in the ground and not the use of the lysimeters the suction confectioned with porous ceramic capsule in the determination of COD and phosphorus.

Keywords: Lysimeters suction, porous capsule, solution of soil.

## ANEXOS

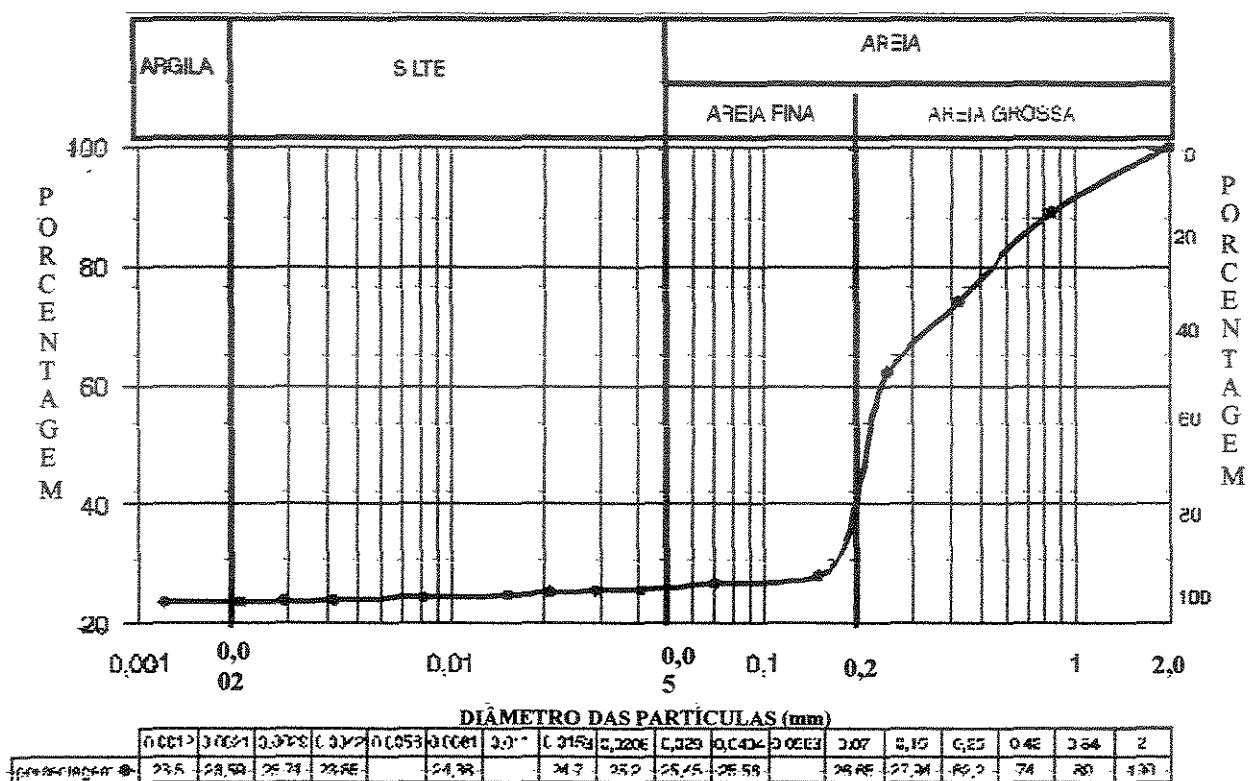
## **ANEXO A**

**Caracterização do Solo: Figura das Curvas Granulométricas e da Curva Características de Retenção de Água no Solo.**



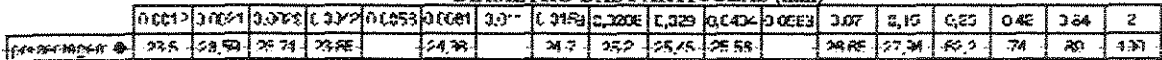
Prof. 0-0,75 m - CLASSE USDA - Franco Arg. o Arenoso

Figura A.1: Curva granulométrica do solo à profundidade de 0-0.25 m.



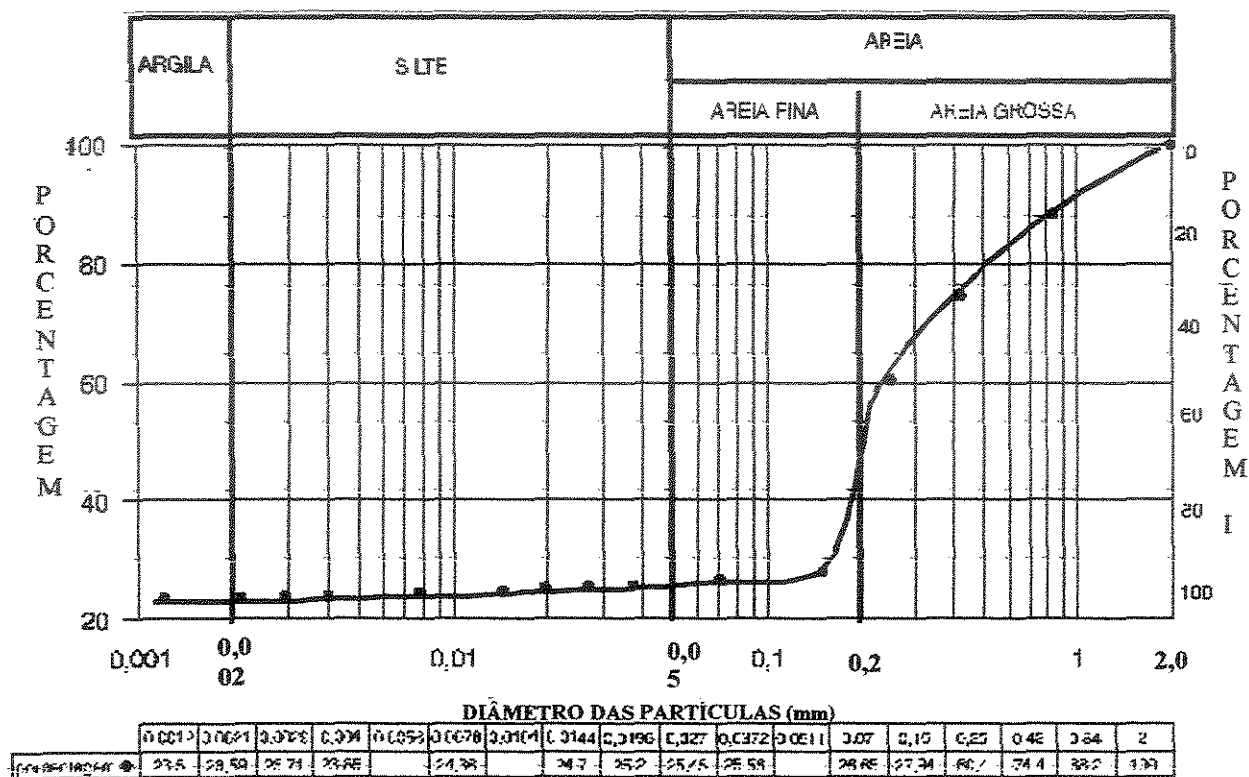
Prof. C-0,75 m - CLASSE USDA - Franco Arg. o Arenoso

Figura A.2: Curva granulométrica do solo à profundidade de 0-0.50 m.



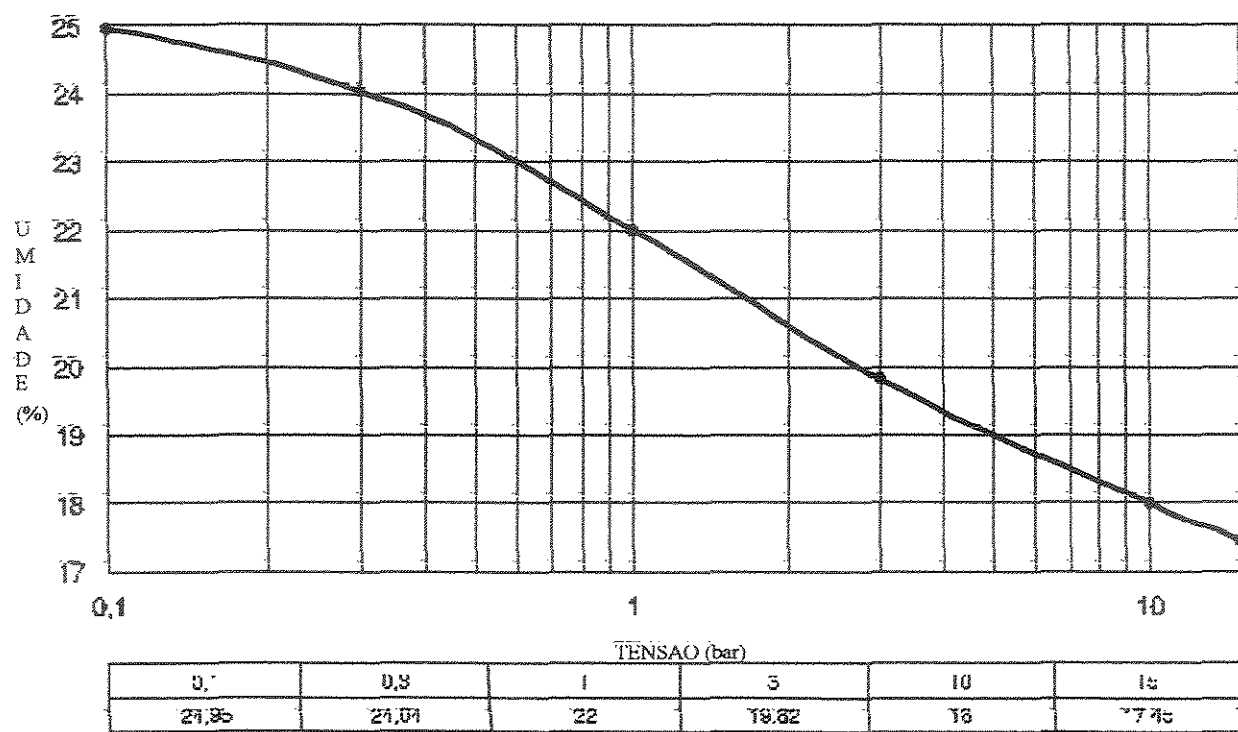
2. Tol. 0-0,75 m - CLASSE USDA - Franco A'g o Arenoso

**Figura A.3:** Curva granulométrica do solo à profundidade de 0-0.75 m.



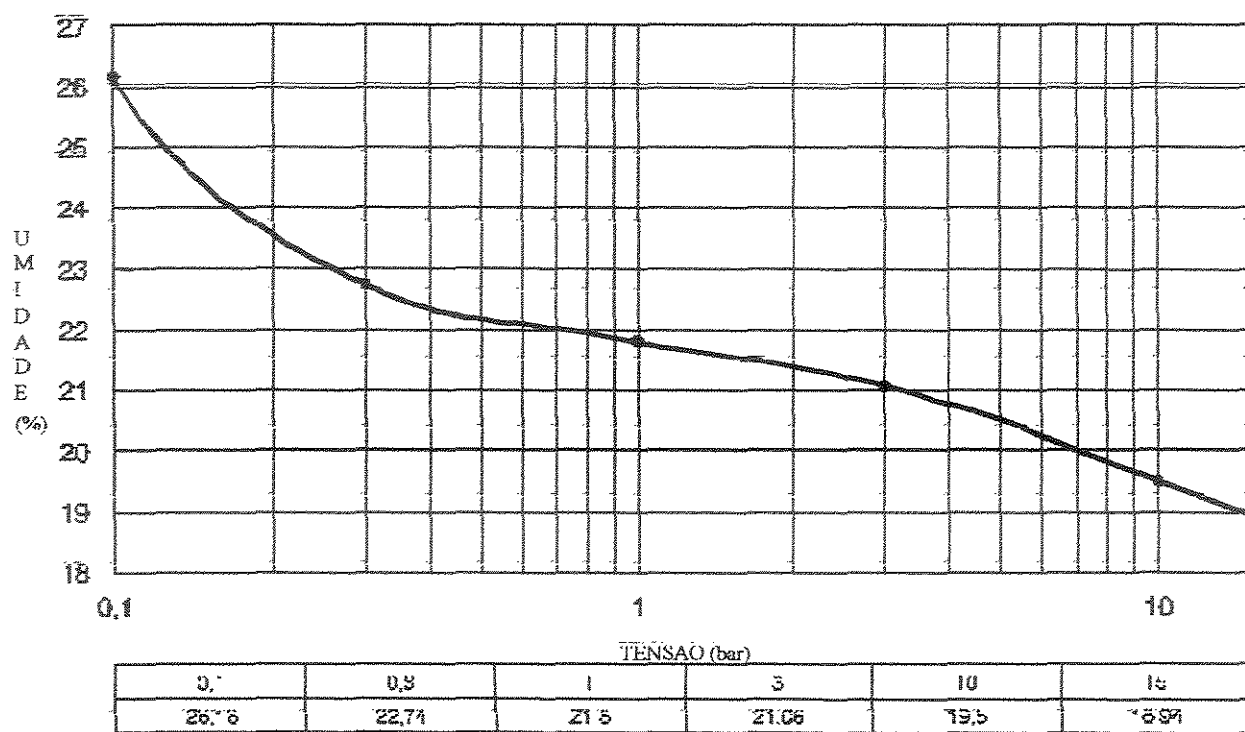
Prof. 0-0,100 m - CLASSE USDA - Franco Argilo Arenoso

Figura A.4: Curva granulométrica do solo à profundidade de 0-100 m.



PROF. 0,0-0,25m

**Figura A.5:** Curva característica de retenção de água no solo à profundidade de 0-0.25 m.



PROF. 0,0-0,50m

**Figura A.6:** Curva característica de retenção de água no solo à profundidade de 0-0,50 m.

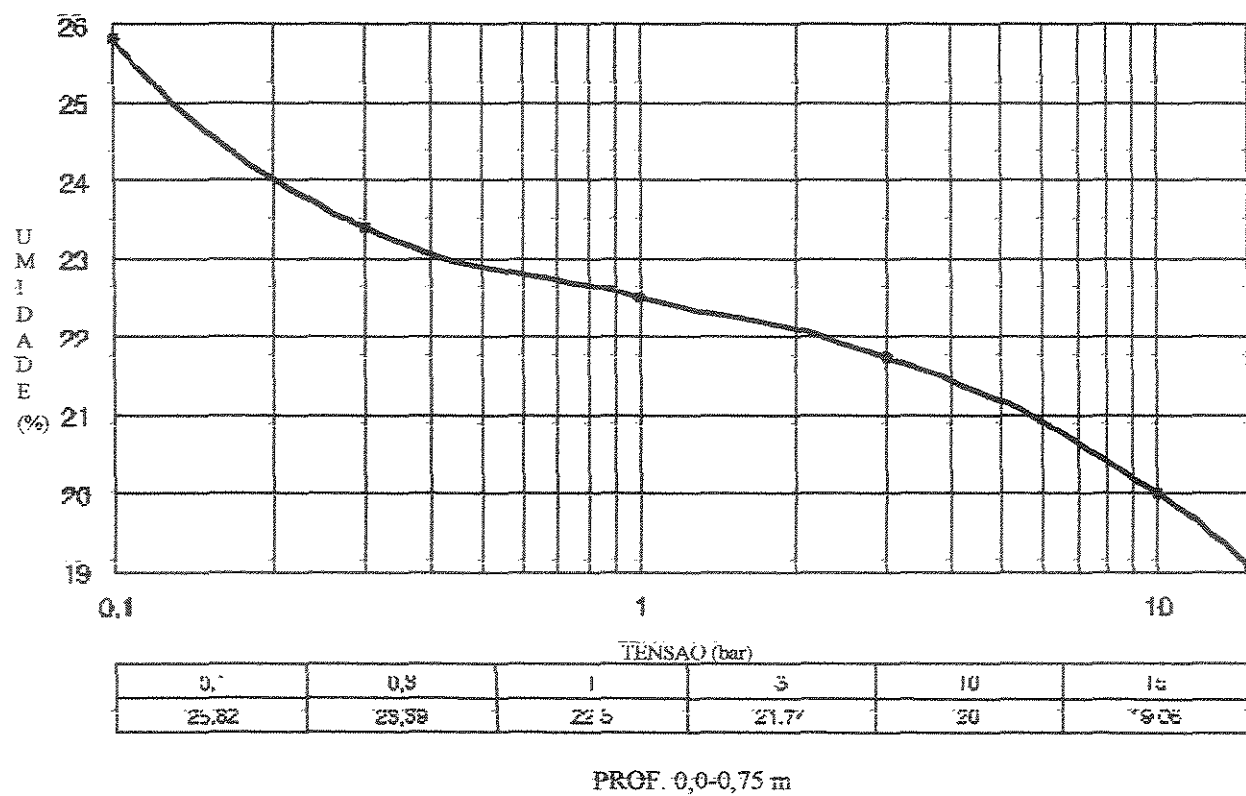
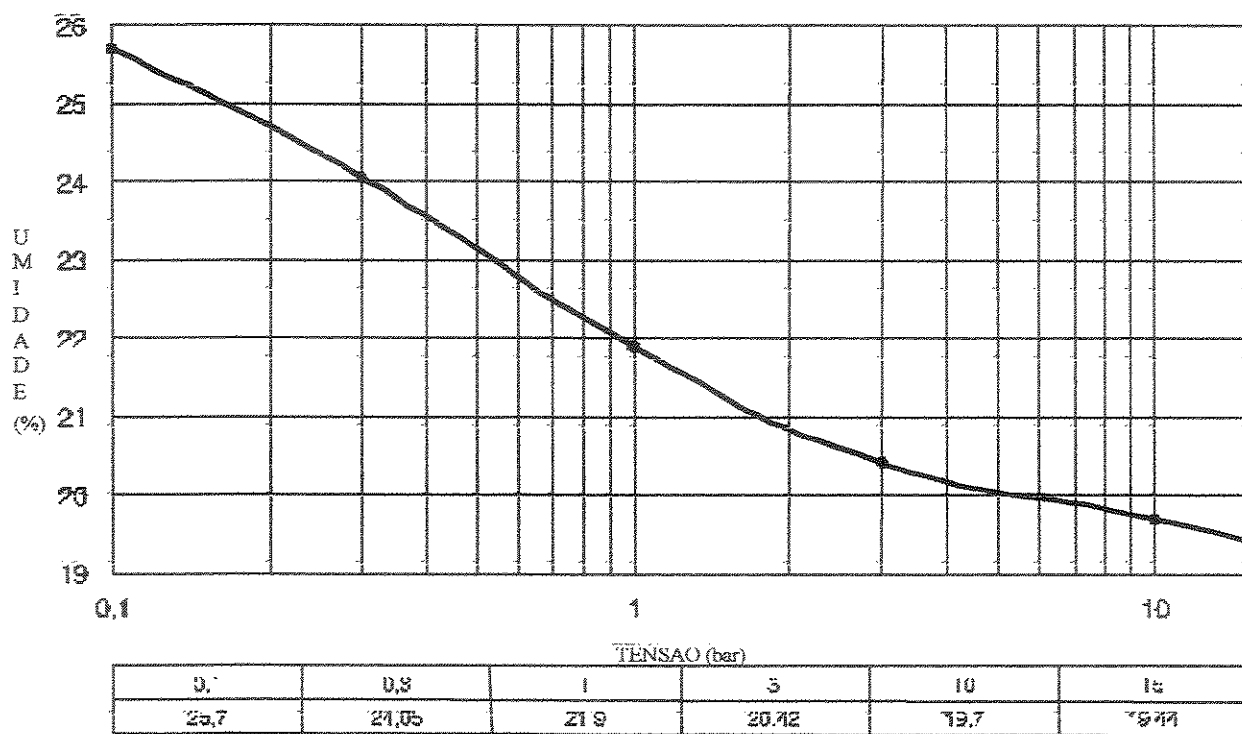


Figura A.7: Curva característica de retenção de água no solo à profundidade de 0-0,75 m.

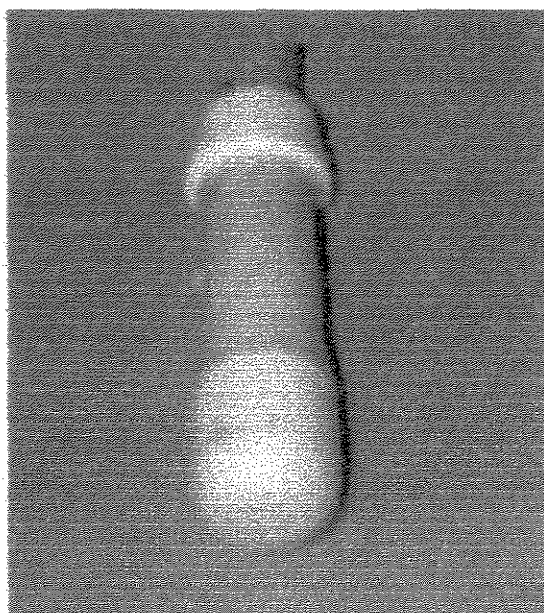


PROF. 0,0-0,100 m

**Figura A.8:** Curva característica de retenção de água no solo à profundidade de 0-100 m.

## ANEXO B

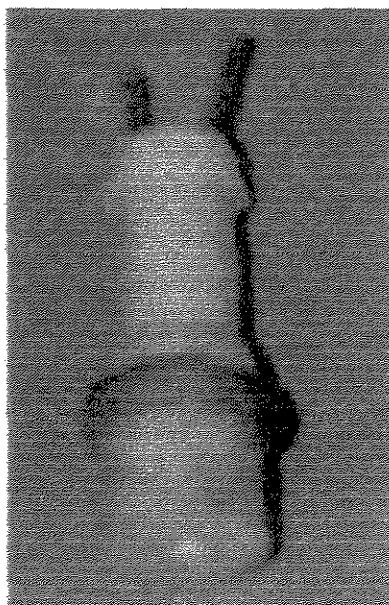
### **Figuras dos lisímetros de sucção**



**Figura B.1:** Lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica.



**Figura B.2:** Lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita.



**Figura B.3:** Lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado.



**Figura B.4:** Lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno.

## **ANEXO C**

**Resultados obtidos do volume (L) coletados nas análises preliminares  
– aspecto quantitativo**

**Tabela C.1:** Resultados obtidos do volume (L) coletados nas análises preliminares – aspecto quantitativo, utilizando-se cápsula porosa de cerâmica.

Análise	Tempo (min.)	Vácuo (Bar)			
		0,2	0,4	0,6	0,8
1	30	0,17	0,22	0,35	0,45
	60	0,33	0,43	0,69	0,87
	90	0,49	0,63	0,97	1,19
	120	0,65	0,82	1,23	1,46
2	30	0,17	0,22	0,35	0,45
	60	0,33	0,42	0,69	0,87
	90	0,49	0,63	0,97	1,19
	120	0,65	0,82	1,23	1,46
3	30	0,17	0,22	0,35	0,45
	60	0,34	0,43	0,69	0,87
	90	0,50	0,63	0,97	1,19
	120	0,66	0,82	1,23	1,46
4	30	0,17	0,22	0,35	0,45
	60	0,33	0,43	0,69	0,87
	90	0,49	0,64	0,97	1,19
	120	0,65	0,82	1,23	1,46
5	30	0,17	0,22	0,36	0,45
	60	0,34	0,42	0,69	0,87
	90	0,49	0,63	0,97	1,18
	120	0,65	0,82	1,23	1,46

**Tabela C.2:** Resultados obtidos do volume (L) coletados nas análises preliminares – aspecto quantitativo, utilizando-se cápsula porosa de diatomita.

Análise	Tempo (min.)	Vácuo (Bar)			
		0,2	0,4	0,6	0,8
1	30	6,21	6,85	7,58	8,17
	60	11,98	13,49	14,93	16,09
	90	17,70	19,93	22,06	23,77
	120	23,25	26,18	28,98	31,23
2	30	5,90	6,83	7,50	8,13
	60	11,62	13,40	14,90	16,02
	90	16,90	19,86	22,00	23,72
	120	22,70	26,15	28,90	31,20
3	30	5,97	6,70	7,46	8,09
	60	11,63	13,31	14,85	15,97
	90	16,67	19,80	21,83	23,65
	120	22,63	26,03	28,83	31,17
4	30	5,96	6,72	7,47	8,03
	60	11,53	13,33	14,86	15,93
	90	16,63	19,80	21,75	23,60
	120	22,21	25,97	28,80	31,15
5	30	5,97	6,76	7,42	8,04
	60	11,55	13,20	14,86	15,89
	90	16,56	19,82	21,73	23,56
	120	22,17	25,92	28,75	31,16

**Tabela C.3:** Resultados obtidos do volume (L) coletados nas análises preliminares – aspecto quantitativo, utilizando-se cápsula porosa de plástico sinterizado.

Análise	Tempo (min.)	Vácuo (Bar)			
		0,2	0,4	0,6	0,8
1	30	8,76	9,25	10,21	10,96
	60	15,23	16,83	17,59	18,43
	90	22,89	23,90	24,86	25,38
	120	29,45	31,20	32,56	33,36
2	30	8,54	9,16	10,00	10,64
	60	15,03	16,75	17,12	18,16
	90	22,75	23,60	24,65	25,02
	120	28,93	31,08	32,13	32,96
3	30	8,43	9,08	9,80	10,52
	60	14,92	16,59	17,04	18,09
	90	22,63	23,45	24,53	24,91
	120	28,79	30,93	31,98	32,78
4	30	8,46	9,12	9,86	10,58
	60	14,93	16,61	17,06	18,11
	90	22,71	23,47	24,57	24,95
	120	28,86	30,98	32,00	32,85
5	30	8,50	9,15	9,97	10,64
	60	14,98	16,66	17,15	18,19
	90	22,86	23,52	24,66	25,03
	120	28,92	31,09	32,09	32,98

**Tabela C.4:** Resultados obtidos do volume (L) coletados nas análises preliminares – aspecto quantitativo, utilizando-se cápsula polipropileno.

Análise	Tempo (min.)	Vácuo (Bar)			
		0,2	0,4	0,6	0,8
1	30	9,10	9,63	10,97	12,16
	60	17,33	18,47	18,95	19,15
	90	24,45	25,03	25,17	25,93
	120	31,43	32,12	32,87	33,31
2	30	9,03	9,54	10,83	12,03
	60	17,15	18,43	18,54	19,12
	90	24,21	24,95	25,03	25,86
	120	31,15	31,96	32,73	33,24
3	30	9,03	9,52	10,81	12,01
	60	17,13	18,43	18,52	19,10
	90	24,23	24,92	24,97	25,86
	120	31,16	31,94	32,65	33,25
4	30	9,05	9,55	10,85	12,03
	60	17,20	18,45	18,60	19,15
	90	24,27	24,95	25,02	25,95
	120	31,19	31,97	32,75	33,23
5	30	9,08	9,61	10,86	12,05
	60	17,21	18,50	18,65	19,16
	90	24,29	24,97	25,05	25,98
	120	31,20	32,05	32,83	33,30

**Tabela C.5:** Resultados obtidos do desvio padrão, aplicando vácuo de 0,2 bar, nas análises preliminares – aspecto quantitativo.

Tempo (min.)	0,2 bar			
	Cerâmica	Diatomita	Plástico sinterizado	Polipropileno
30	0,00	0,1199	0,1308	0,0312
60	0,005477	0,1830	0,1264	0,0780
90	0,004472	0,4693	0,1073	0,0949
120	0,00	0,4388	0,2632	0,1159

**Tabela C.6:** Resultados obtidos do desvio padrão, aplicando vácuo de 0,4 bar, nas análises preliminares – aspecto quantitativo.

Tempo (min.)	0,4 bar			
	Cerâmica	Diatomita	Plástico sinterizado	Polipropileno
30	0,00	0,0661	0,0630	0,0474
60	0,0055	0,1078	0,1006	0,0297
90	0,0045	0,0549	0,1837	0,0410
120	0,00	0,1125	0,1050	0,0753

**Tabela C.7:** Resultados obtidos do desvio padrão, aplicando vácuo de 0,6 bar, nas análises preliminares – aspecto quantitativo.

Tempo (min.)	0,6 bar			
	Cerâmica	Diatomita	Plástico sinterizado	Polipropileno
30	0,00	0,0598	0,1577	0,0623
60	0,00	0,0339	0,2269	0,1742
90	0,00	0,1488	0,1274	0,0743
120	0,00	0,0898	0,2364	0,0865

**Tabela C.8:** Resultados obtidos do desvio padrão, aplicando vácuo de 0,8 bar, nas análises preliminares – aspecto quantitativo.

Tempo (min.)	0,8 bar			
	Cerâmica	Diatomita	Plástico sinterizado	Polipropileno
30	0,00	0,0593	0,1706	0,0598
60	0,00	1,2811	0,1367	0,0251
90	0,00	0,0857	0,3845	0,0628
120	0,00	0,0327	0,2245	0,0365

## **ANEXO D**

**Figura dos Resultados Obtidos das Análises Preliminares.**

## **ANEXO D.1**

**Figuras dos Resultados Obtidos das Análise Preliminar- Aspecto Quantitativo.**

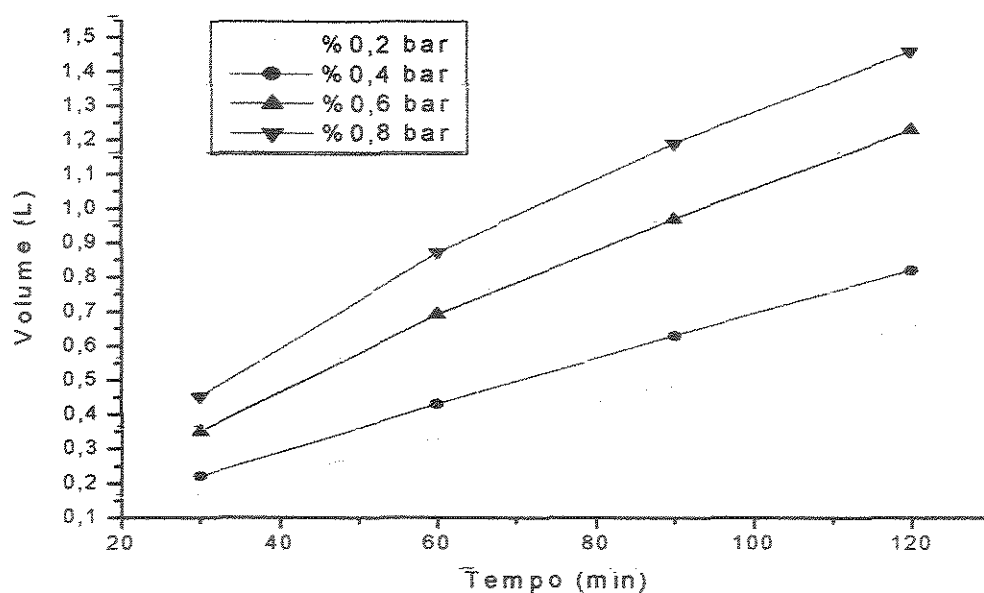


Figura D.1: Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na primeira análise

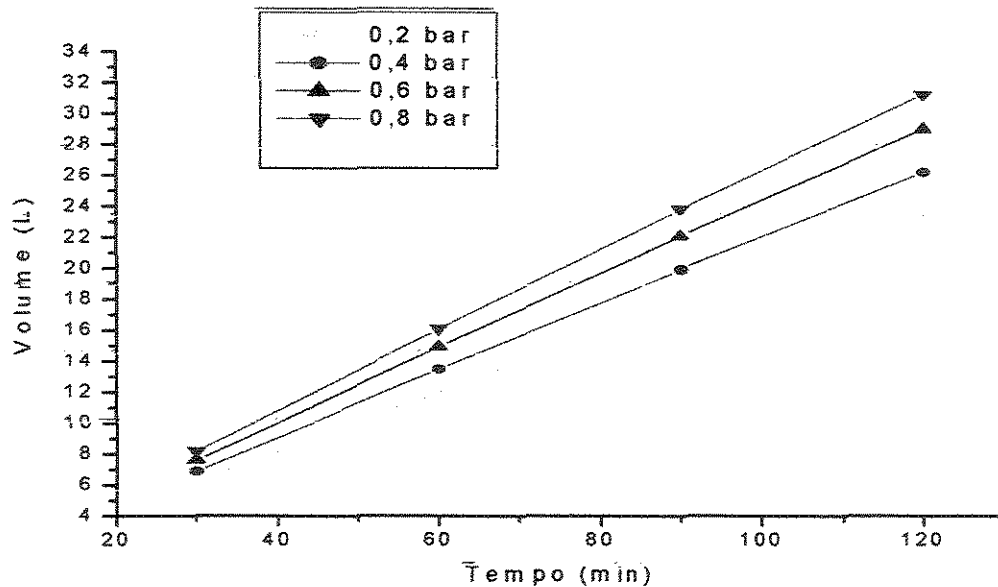
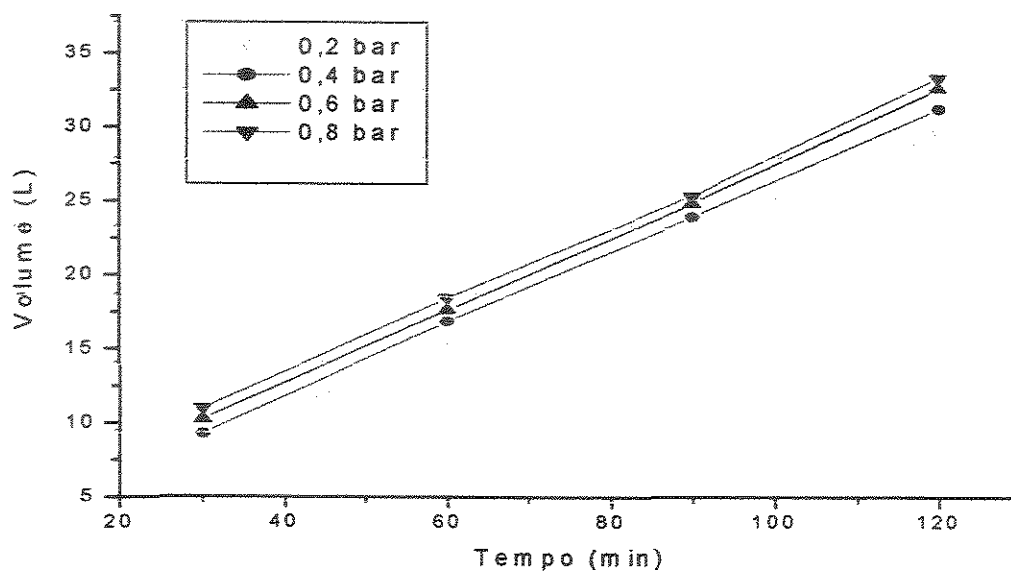
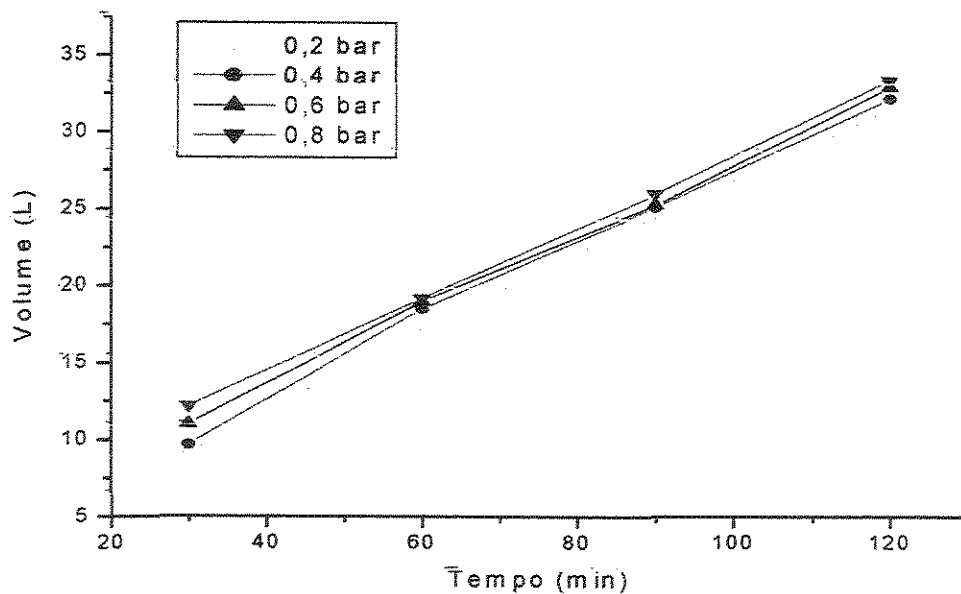


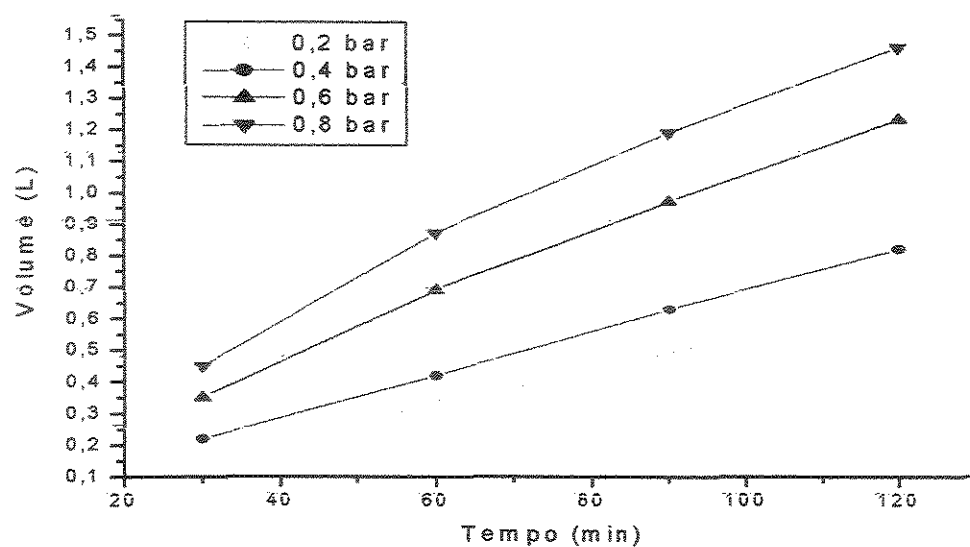
Figura D.2: Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na primeira análise preliminar – aspecto quantitativo, utilizando-se cápsula porosa de diatomita.



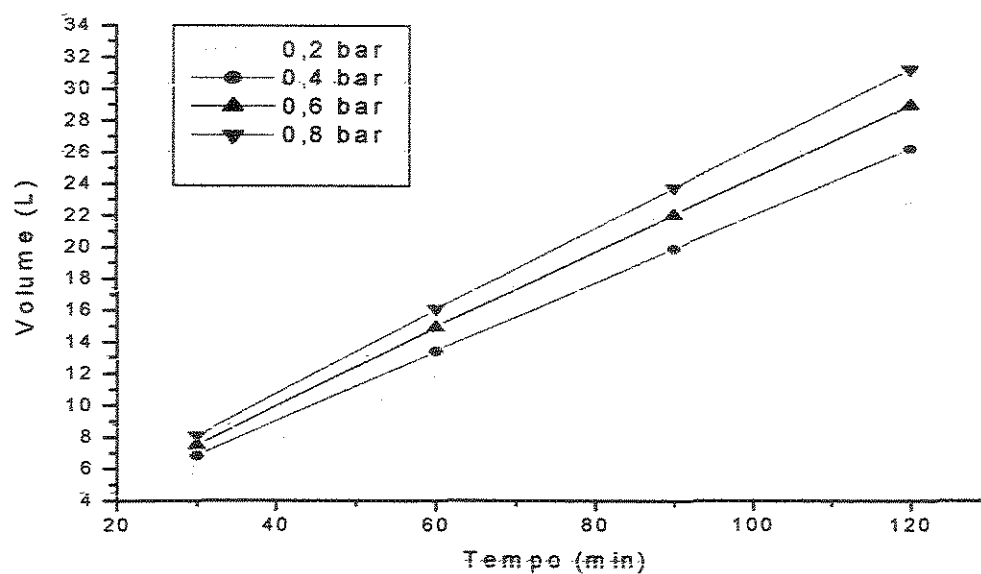
**Figura D.3:** Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na primeira análise preliminar – aspecto quantitativo, utilizando-se cápsula porosa de plástico sinterizado.



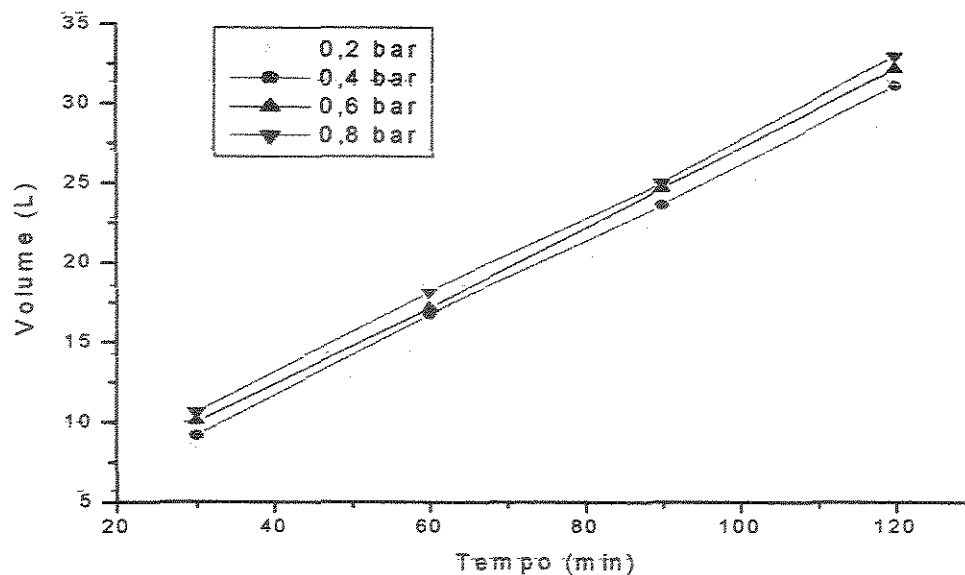
**Figura D.4:** Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na primeira análise preliminar – aspecto quantitativo, utilizando-se cápsula porosa de polipropileno.



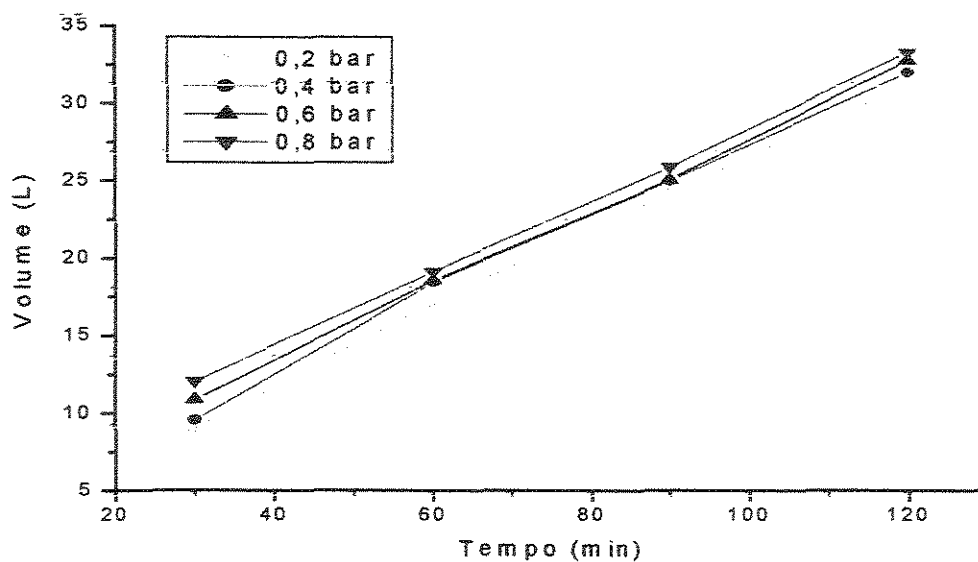
**Figura D.5:** Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na segunda análise preliminar – aspecto quantitativo, utilizando-se cápsula porosa de cerâmica.



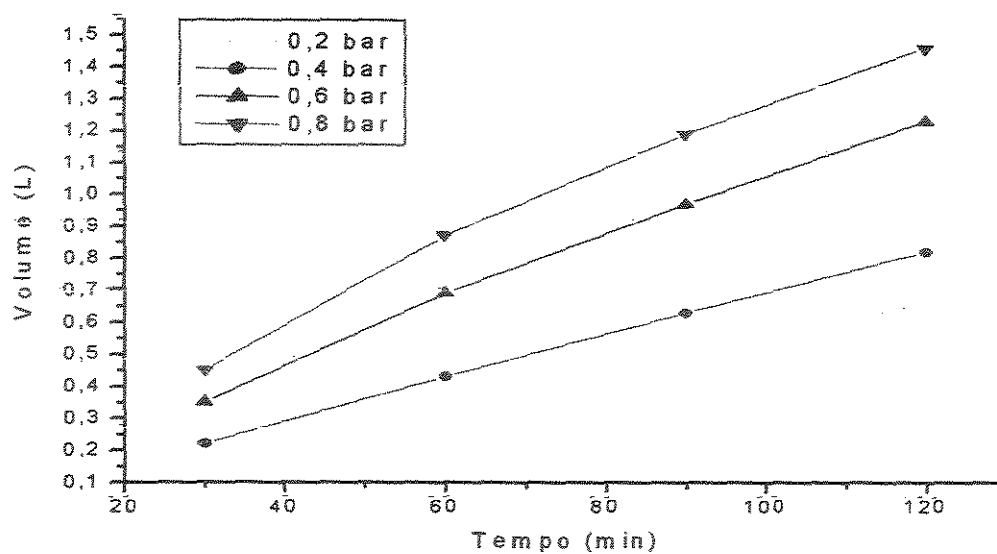
**Figura D.6:** Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na segunda análise preliminar – aspecto quantitativo, utilizando-se cápsula porosa de diatomita.



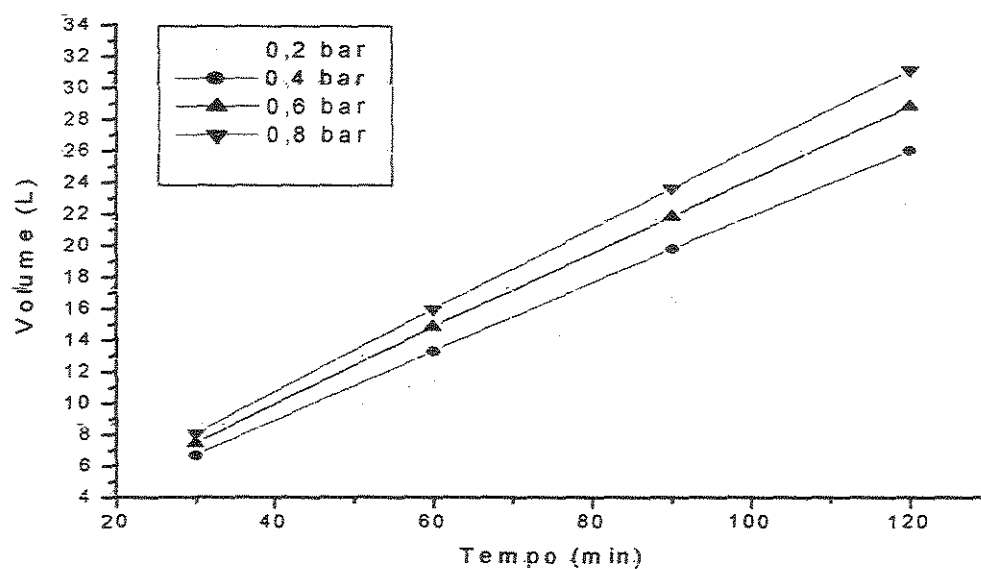
**Figura D.7:** Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na segunda análise preliminar – aspecto quantitativo, utilizando-se cápsula porosa de plástico sinterizado.



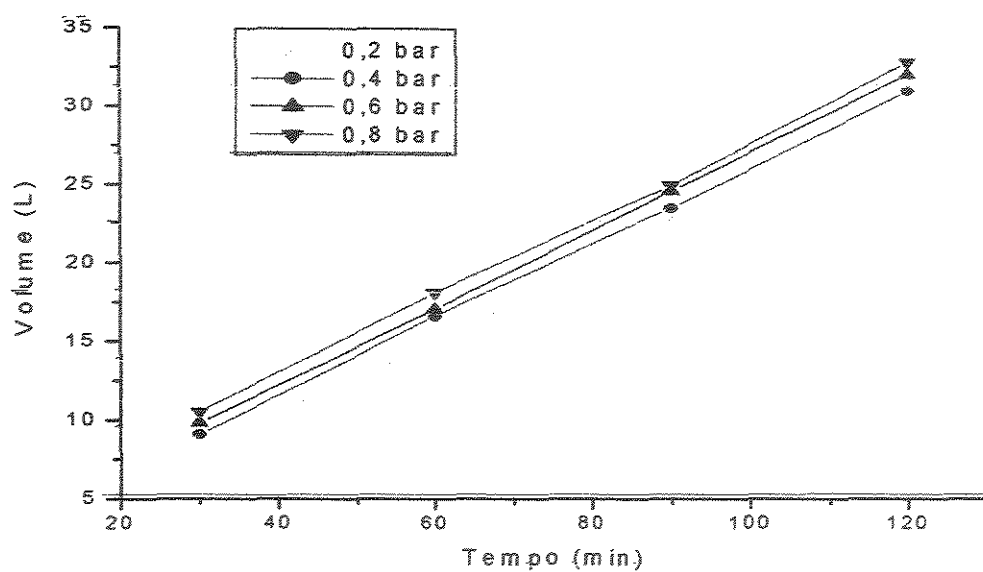
**Figura D.8:** Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na segunda análise preliminar – aspecto quantitativo, utilizando-se cápsula porosa de polipropileno.



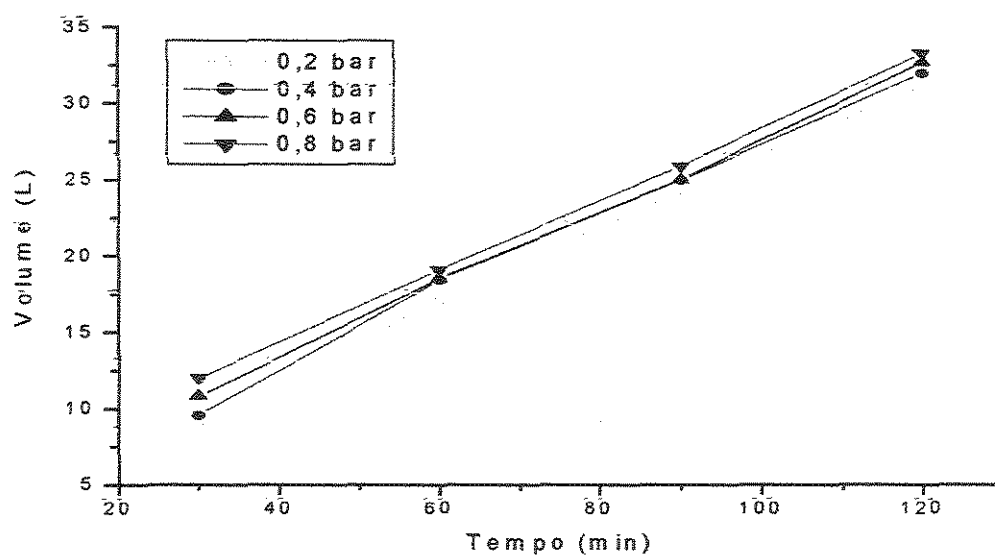
**Figura D.9:** Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na terceira análise preliminar – aspecto quantitativo, utilizando-se cápsula porosa de cerâmica.



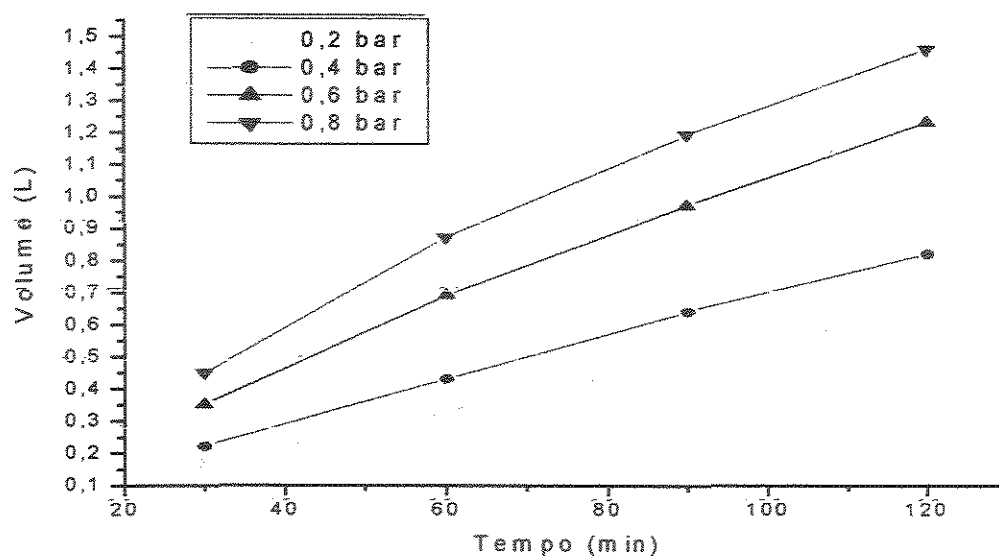
**Figura D.10:** Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na terceira análise preliminar – aspecto quantitativo, utilizando-se cápsula porosa de diatomita.



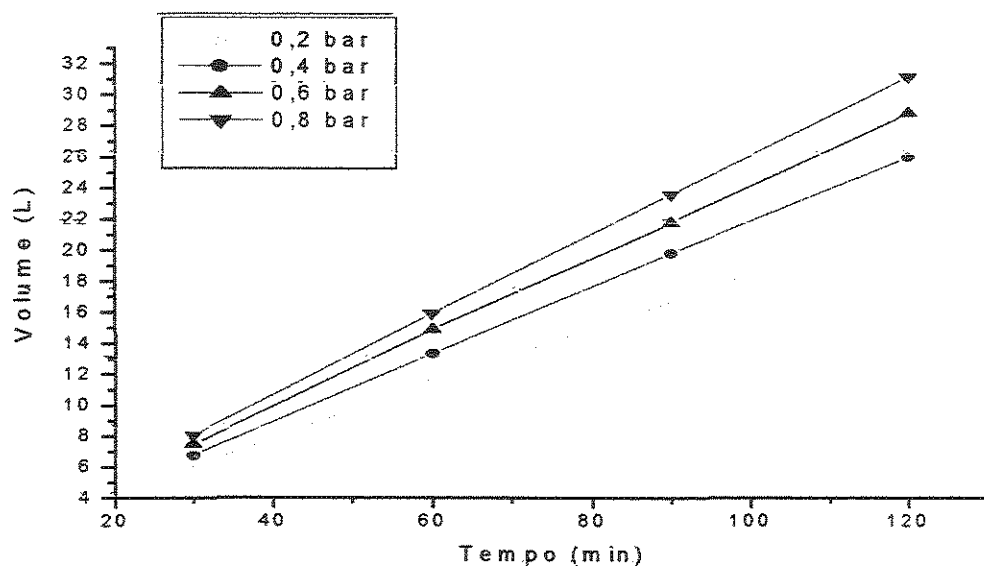
**Figura D.11:** Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na terceira análise preliminar – aspecto quantitativo, utilizando-se cápsula porosa de plástico sinterizado.



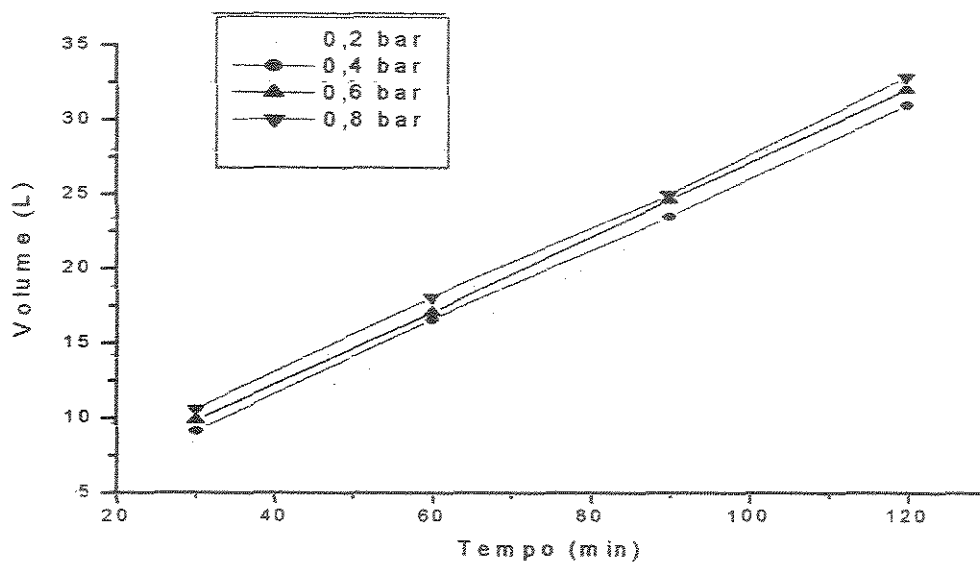
**Figura D.12:** Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na terceira análise preliminar – aspecto quantitativo, utilizando-se cápsula porosa de polipropileno.



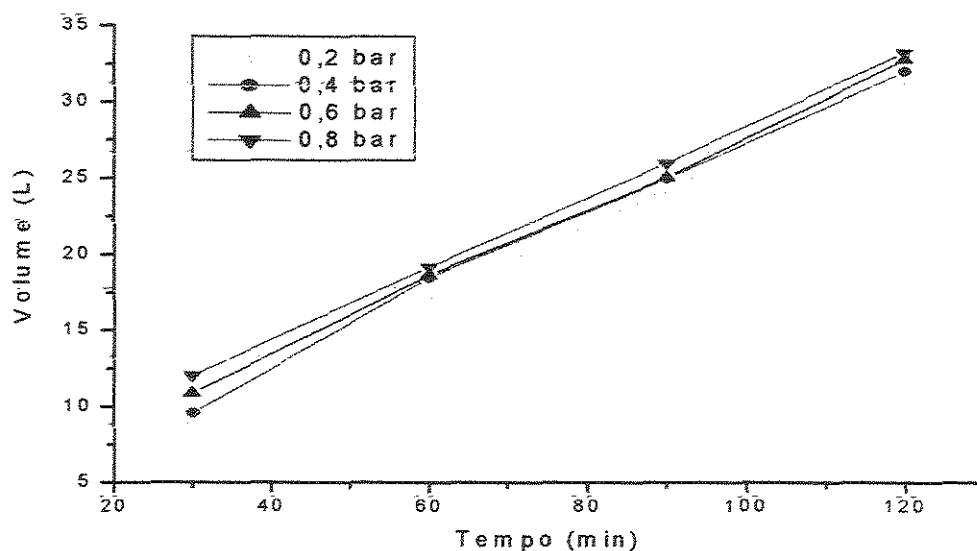
**Figura D.13:** Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na quarta análise preliminar – aspecto quantitativo, utilizando-se cápsula porosa de cerâmica.



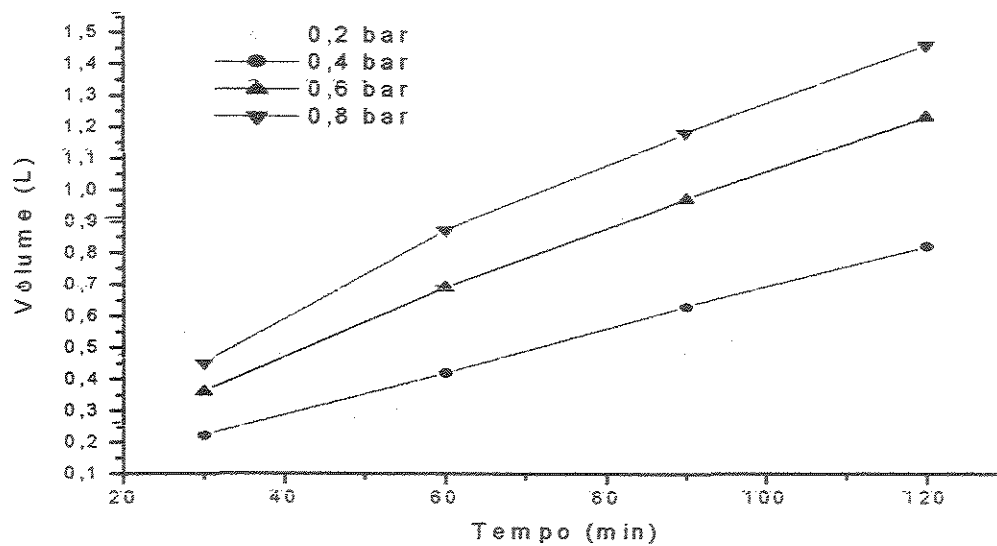
**Figura D.14:** Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na quarta análise preliminar – aspecto quantitativo, utilizando-se cápsula porosa de diatomita.



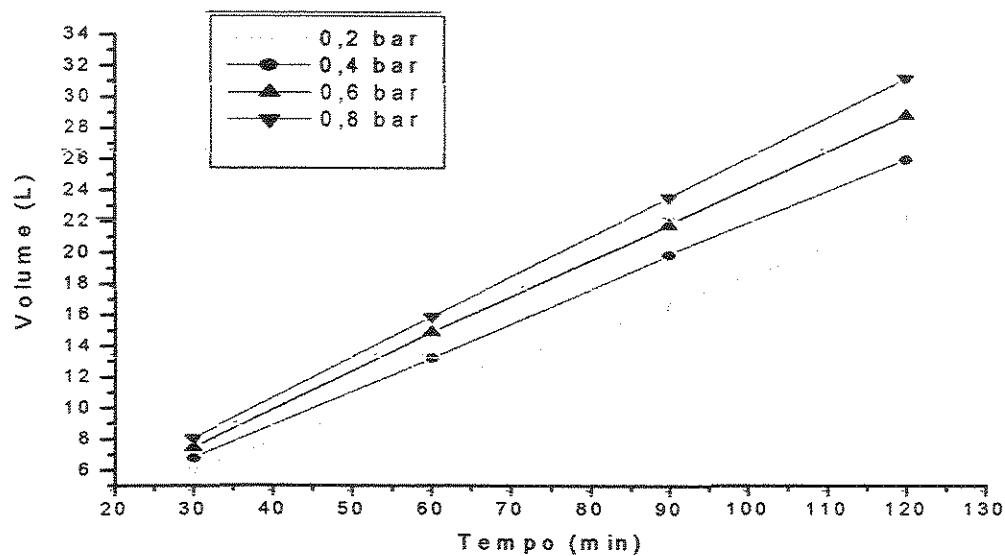
**Figura D.15:** Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na quarta análise preliminar – aspecto quantitativo, utilizando-se cápsula porosa de plástico sinterizado.



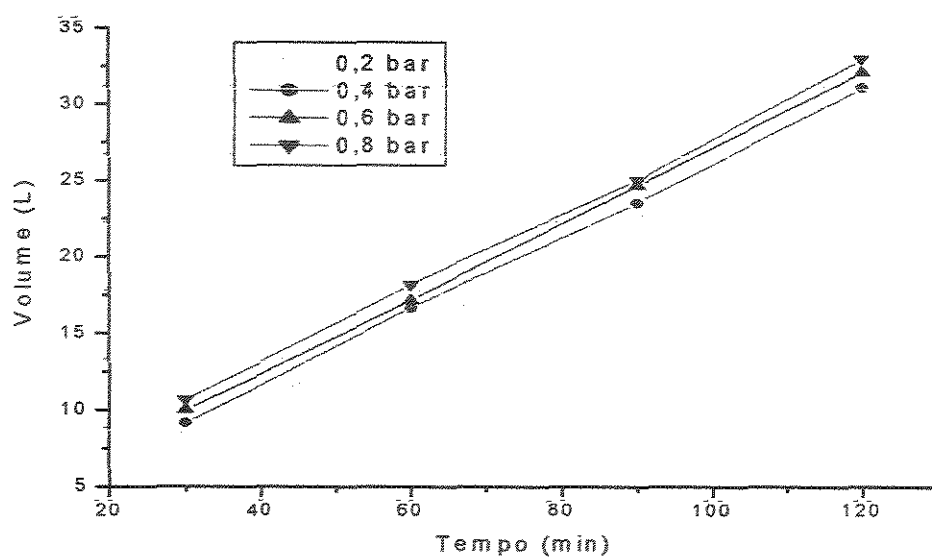
**Figura D.16:** Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na quarta análise preliminar – aspecto quantitativo, utilizando-se cápsula porosa de polipropileno.



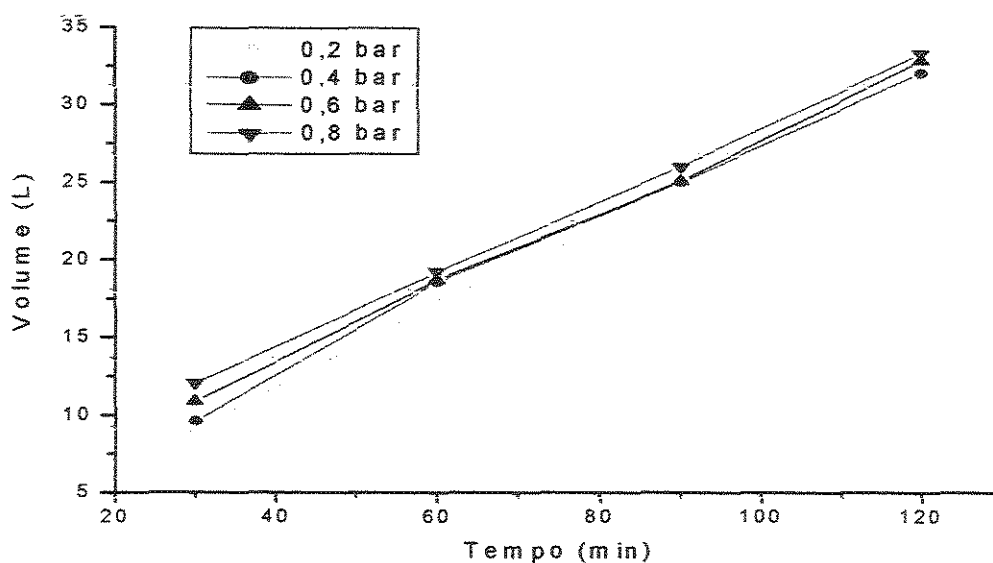
**Figura D.17:** Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na quinta análise preliminar – aspecto quantitativo, utilizando-se cápsula porosa de cerâmica.



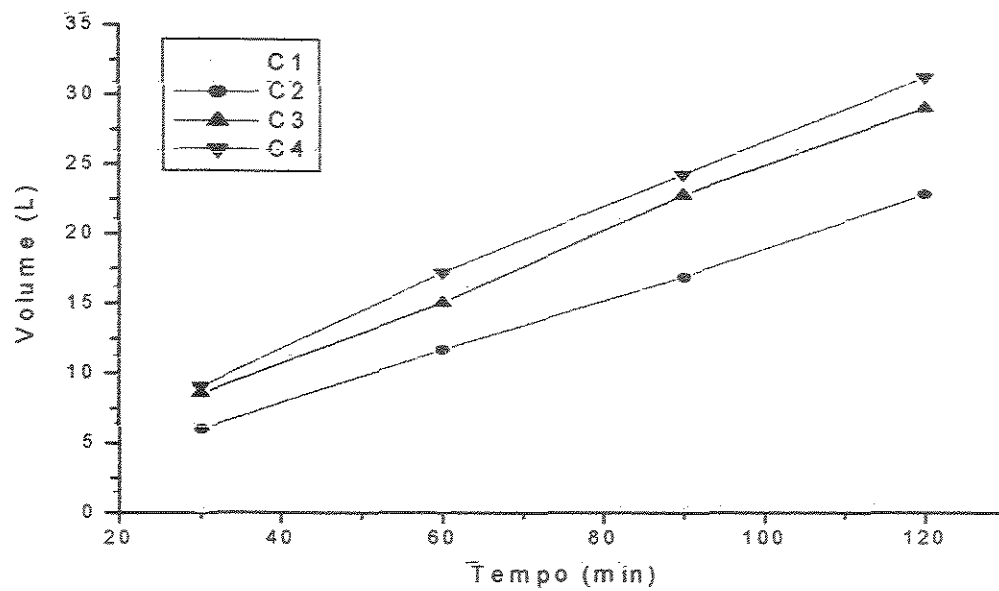
**Figura D.18:** Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na quinta análise preliminar – aspecto quantitativo, utilizando-se cápsula porosa de diatomita.



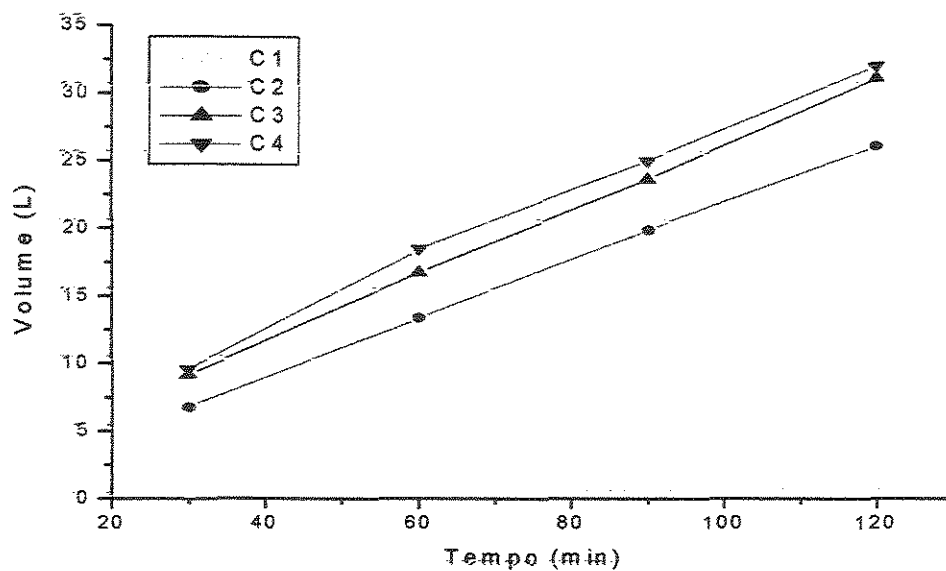
**Figura D.19:** Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na quinta análise preliminar – aspecto quantitativo, utilizando-se cápsula porosa de plástico sinterizado.



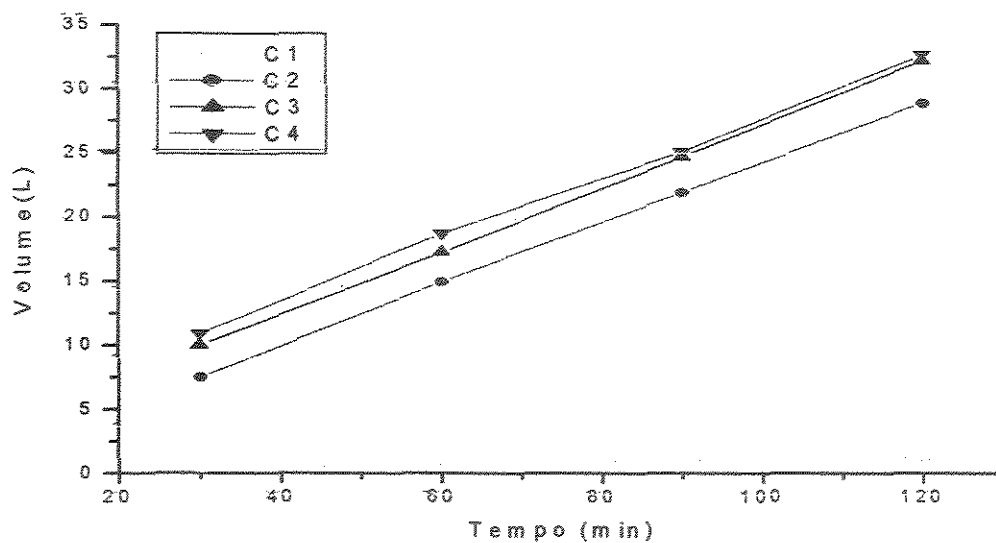
**Figura D.20:** Comportamento dos resultados obtidos do volume (L) coletado na quinta análise preliminar – aspecto quantitativo, utilizando-se cápsula porosa de polipropileno.



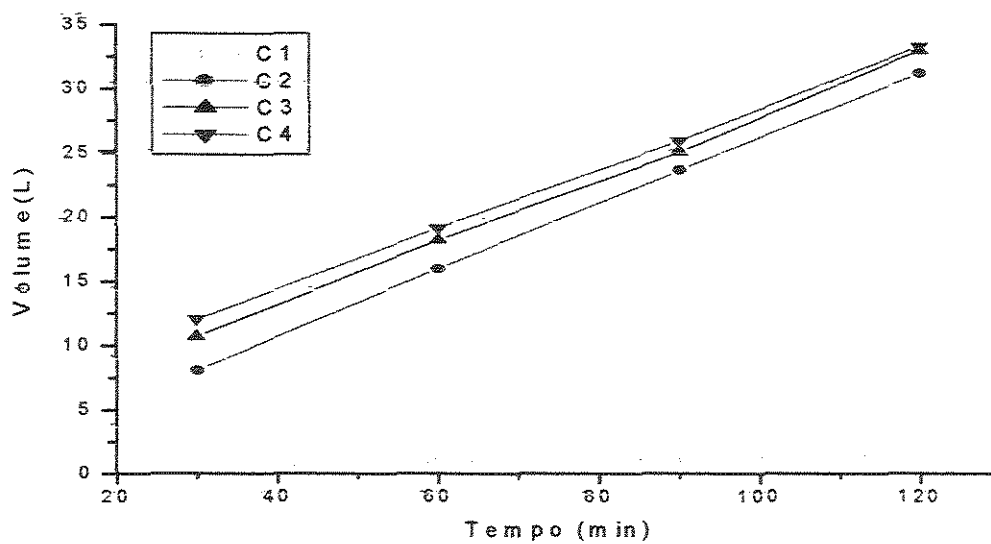
**Figura D.21:** Comportamento dos resultados médios do volume (L) obtidos na análise preliminar – aspecto quantitativo, aplicando vácuo de 0,2 bar



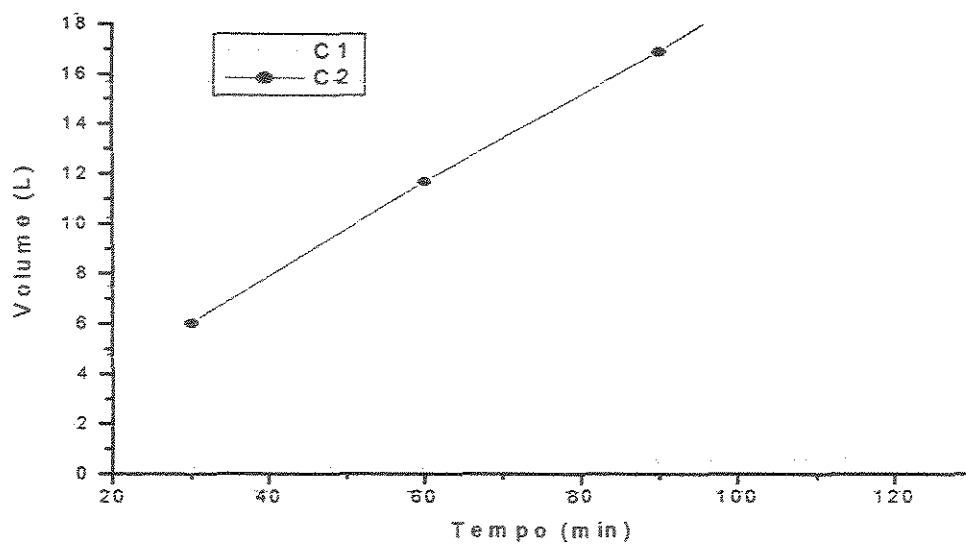
**Figura D.22:** Comportamento dos resultados médios do volume (L) obtidos na análise preliminar – aspecto quantitativo, aplicando vácuo de 0,4 bar



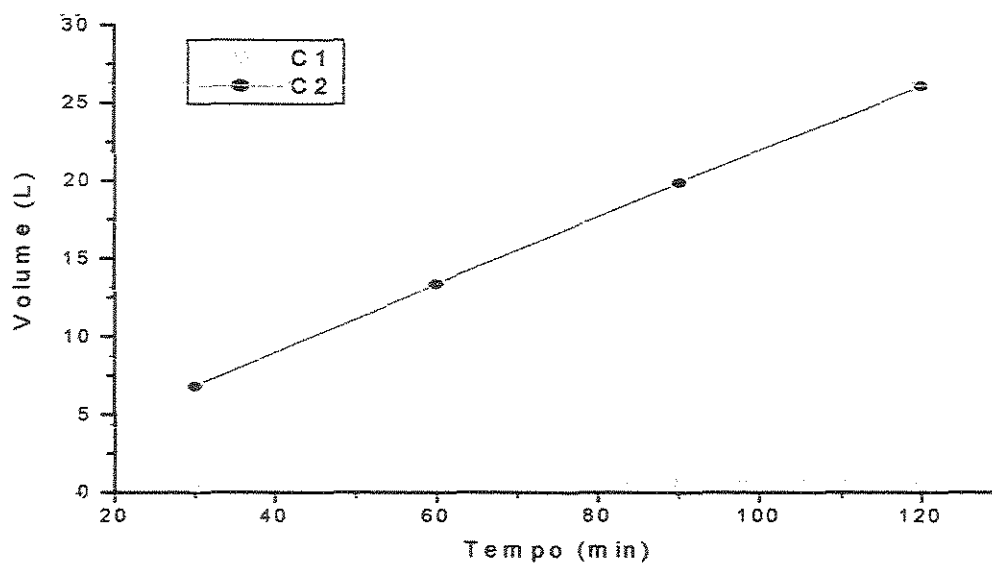
**Figura D.23:** Comportamento dos resultados médios do volume (L) obtidos na análise preliminar – aspecto quantitativo, aplicando vácuo de 0,6 bar



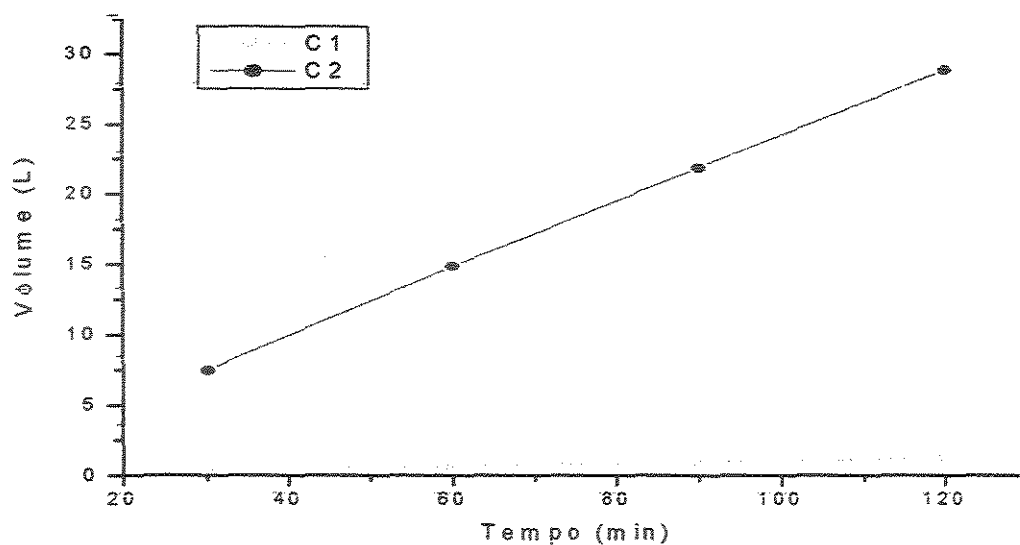
**Figura D.24:** Comportamento dos resultados médios do volume (L) obtidos na análise preliminar – aspecto quantitativo, aplicando vácuo de 0,8 bar.



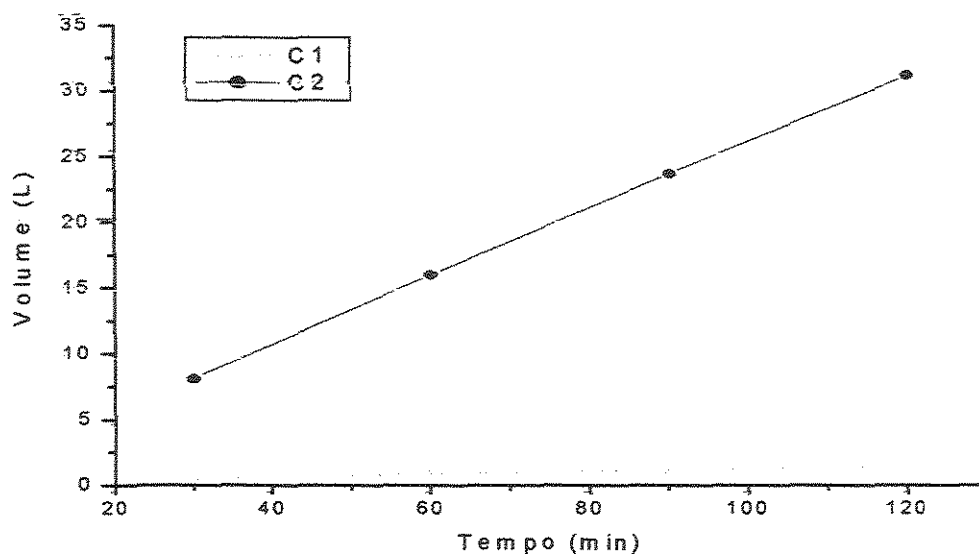
**Figura D.25:** Comportamento da comparação entre lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e lisímetro de sucção confeccionado com diatomita, obtendo resultados médios do volume (L) obtidos aplicando vácuo de 0,2 bar.



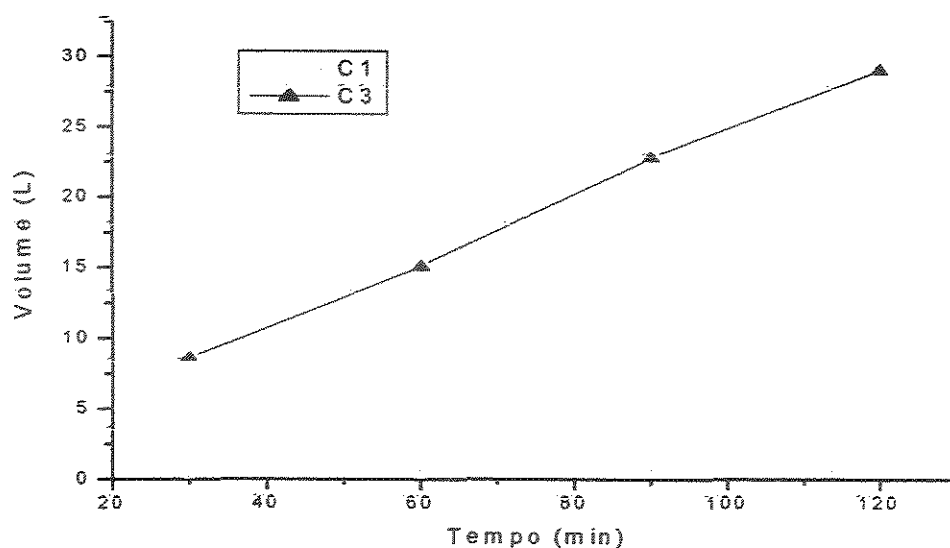
**Figura D.26:** Comportamento da comparação entre lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e lisímetro de sucção confeccionado com diatomita, obtendo resultados médios do volume (L) obtidos aplicando vácuo de 0,4 bar.



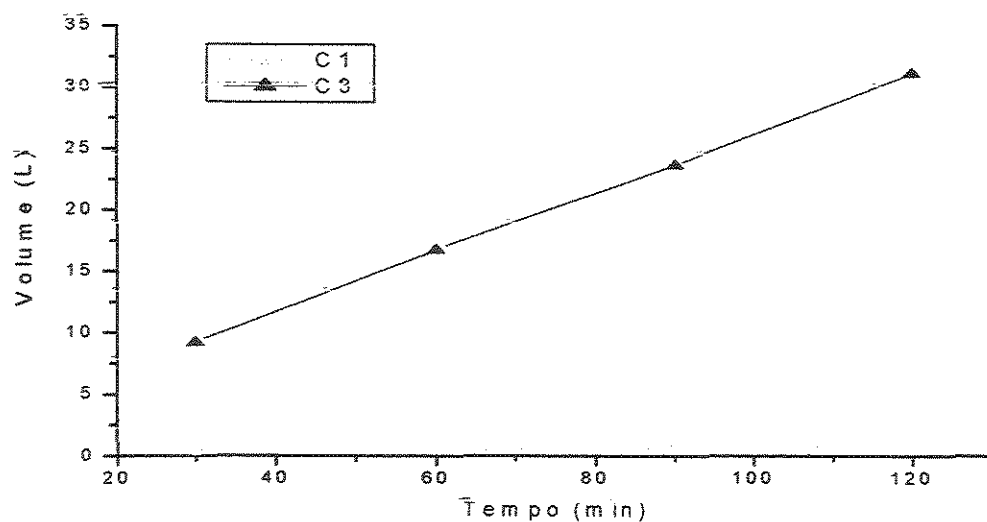
**Figura D.27:** Comportamento da comparação entre lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e lisímetro de sucção confeccionado com diatomita, obtendo resultados médios do volume (L) obtidos aplicando vácuo de 0,6 bar.



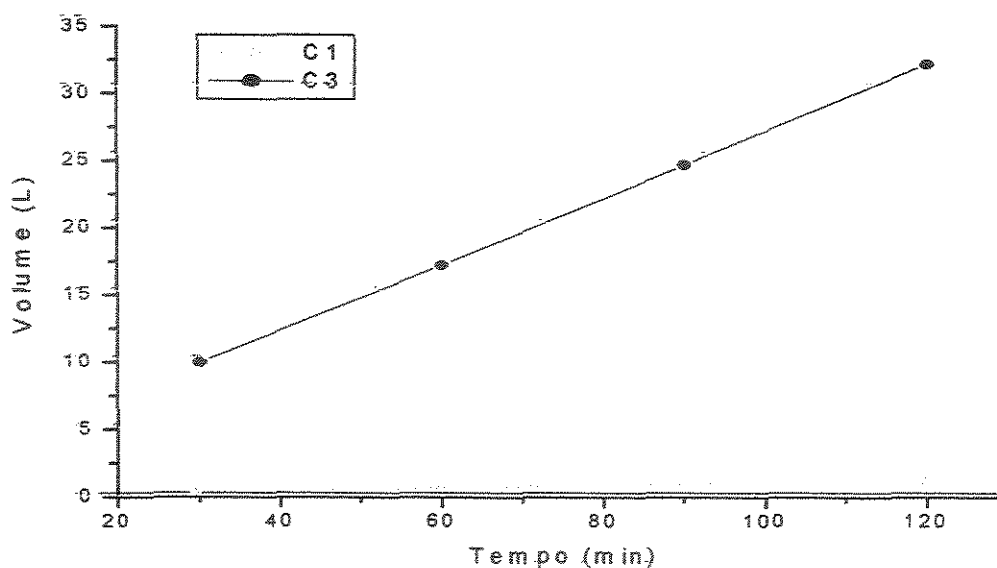
**Figura D.28:** Comportamento da comparação entre lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e lisímetro de sucção confeccionado com diatomita, obtendo resultados médios do volume (L) obtidos aplicando vácuo de 0,8 bar.



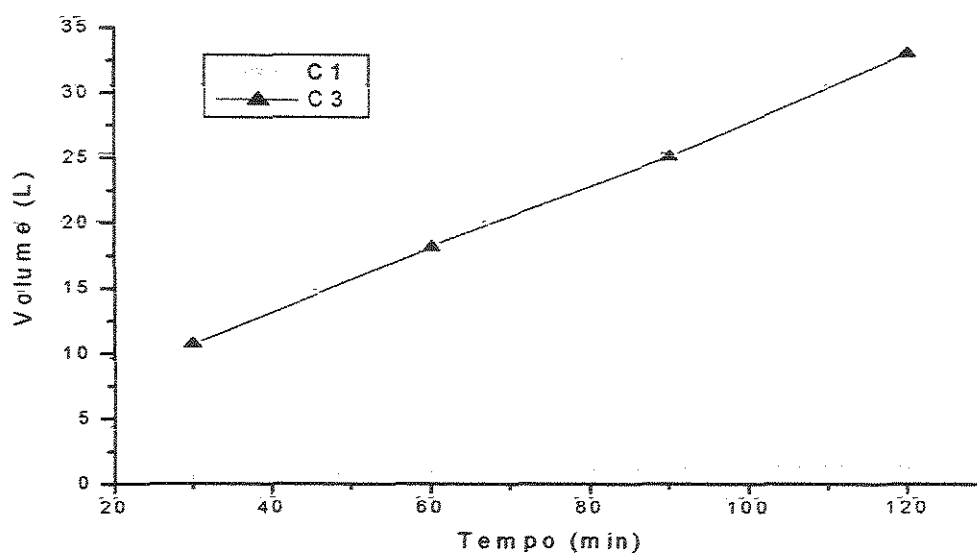
**Figura D.29:** Comportamento da comparação entre lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e lisímetro de sucção confeccionado com plástico sinterizado, obtendo resultados médios do volume (L) obtidos aplicando vácuo de 0,2 bar.



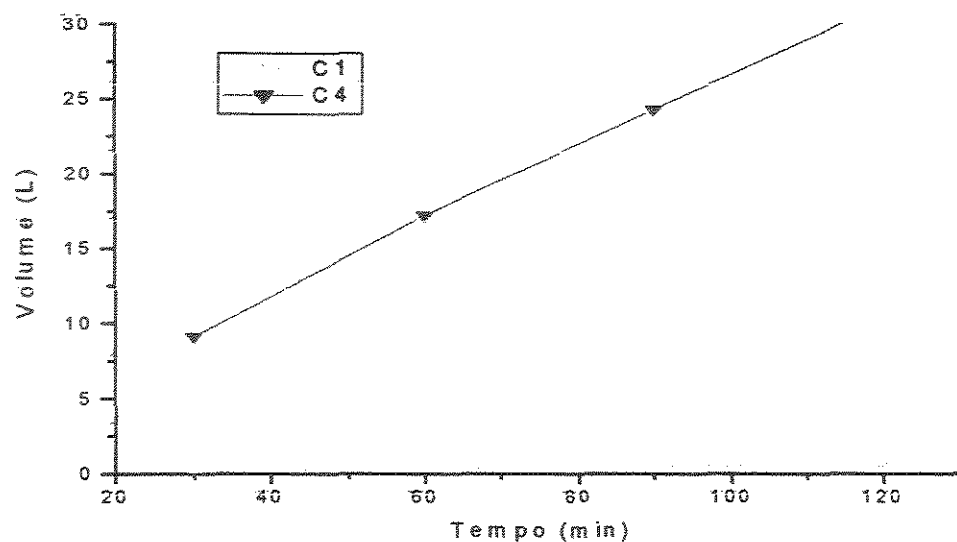
**Figura D.30:** Comportamento da comparação entre lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e lisímetro de sucção confeccionado com plástico sinterizado, obtendo resultados médios do volume (L) obtidos aplicando vácuo de 0,4 bar.



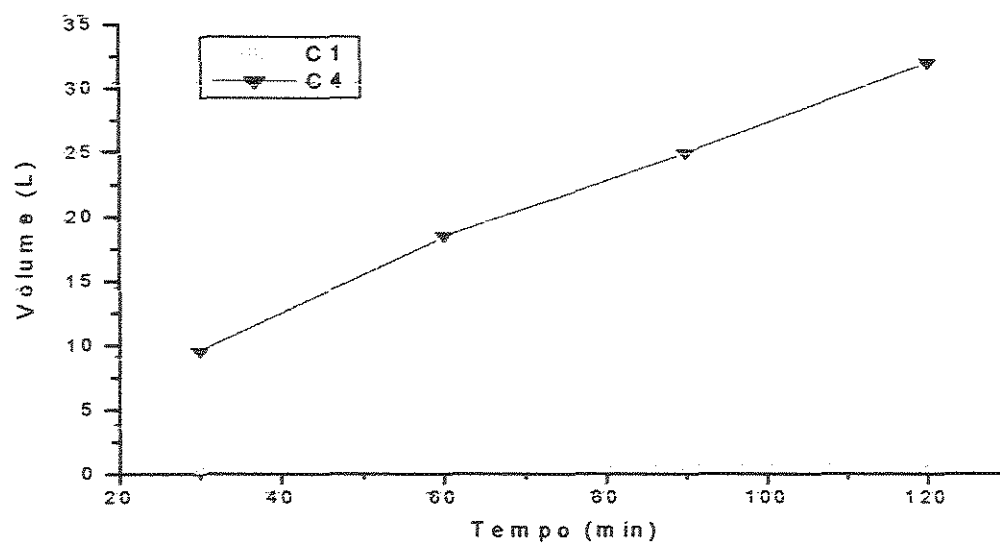
**Figura D.31:** Comportamento da comparação entre lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e lisímetro de sucção confeccionado com plástico sinterizado, obtendo resultados médios do volume (L) obtidos aplicando vácuo de 0,6 bar.



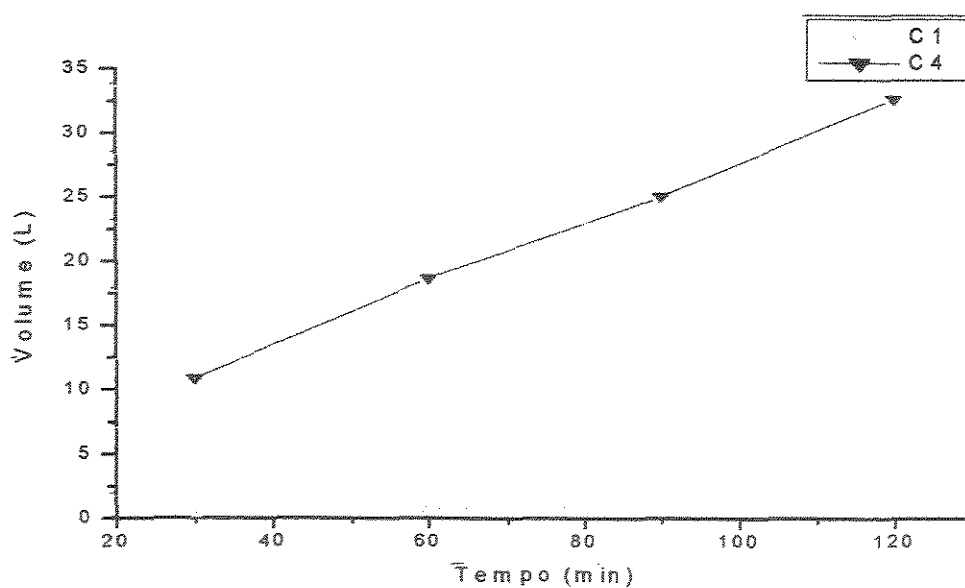
**Figura D.32:** Comportamento da comparação entre lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e lisímetro de sucção confeccionado com plástico sinterizado, obtendo resultados médios do volume (L) obtidos aplicando vácuo de 0,8 bar.



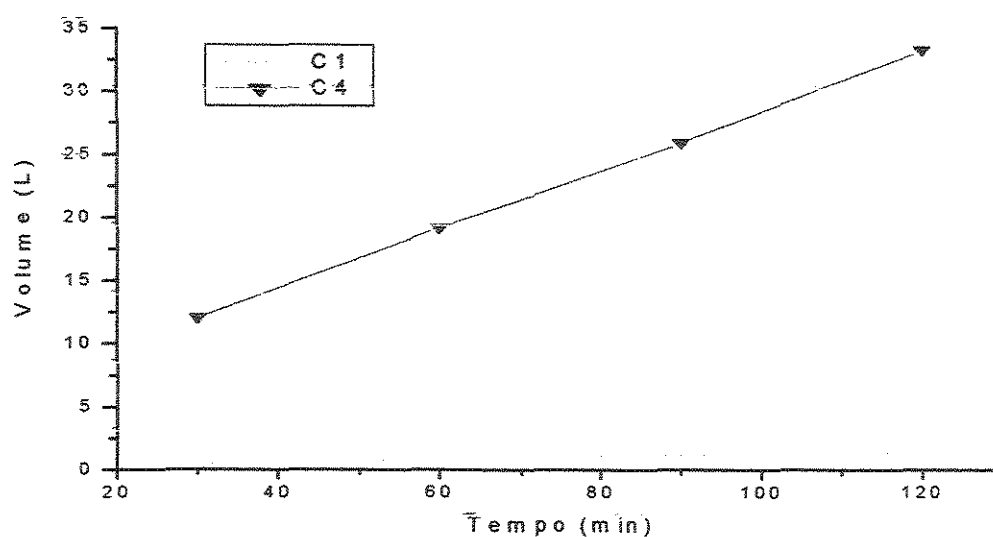
**Figura D.33:** Comportamento da comparação entre lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e lisímetro de sucção confeccionado com polipropileno, obtendo resultados médios do volume (L) obtidos aplicando vácuo de 0,2 bar.



**Figura D.34:** Comportamento da comparação entre lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e lisímetro de sucção confeccionado com polipropileno, obtendo resultados médios do volume (L) obtidos aplicando vácuo de 0,4 bar.



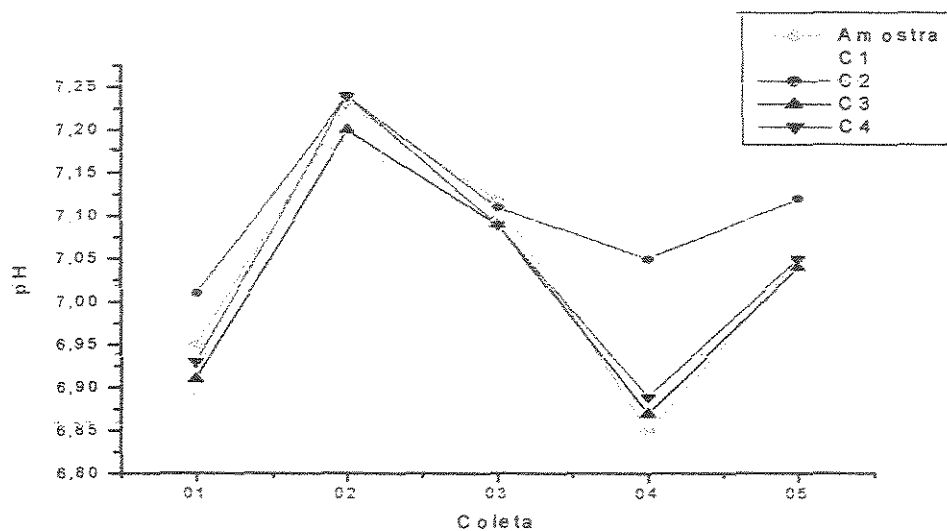
**Figura D.35:** Comportamento da comparação entre lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e lisímetro de sucção confeccionado com polipropileno, obtendo resultados médios do volume (L) obtidos aplicando vácuo de 0,6 bar.



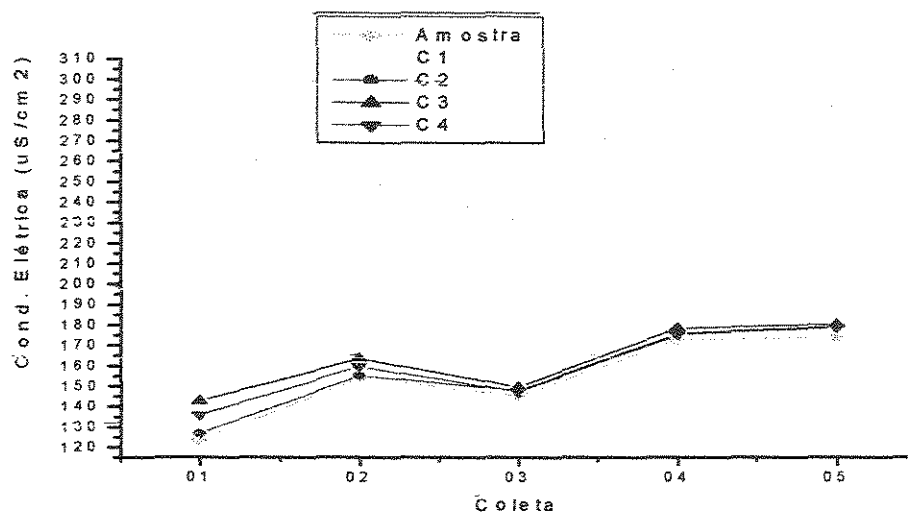
**Figura D.36:** Comportamento da comparação entre lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e lisímetro de sucção confeccionado com polipropileno, obtendo resultados médios do volume (L) obtidos aplicando vácuo de 0,8 bar.

## **ANEXO D.2**

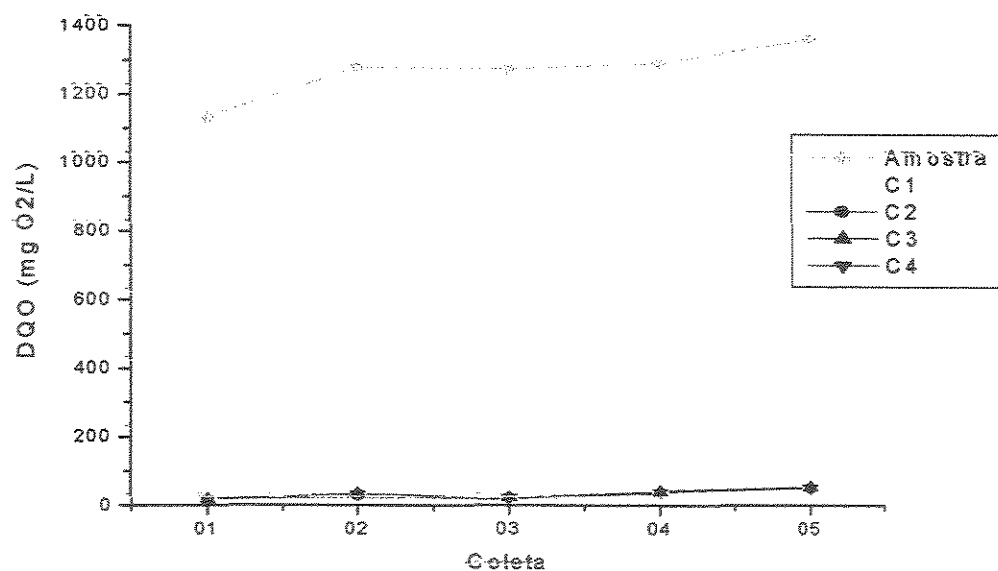
**Figuras dos Resultados Obtidos das Análises Preliminares.- Aspecto Qualitativo.**



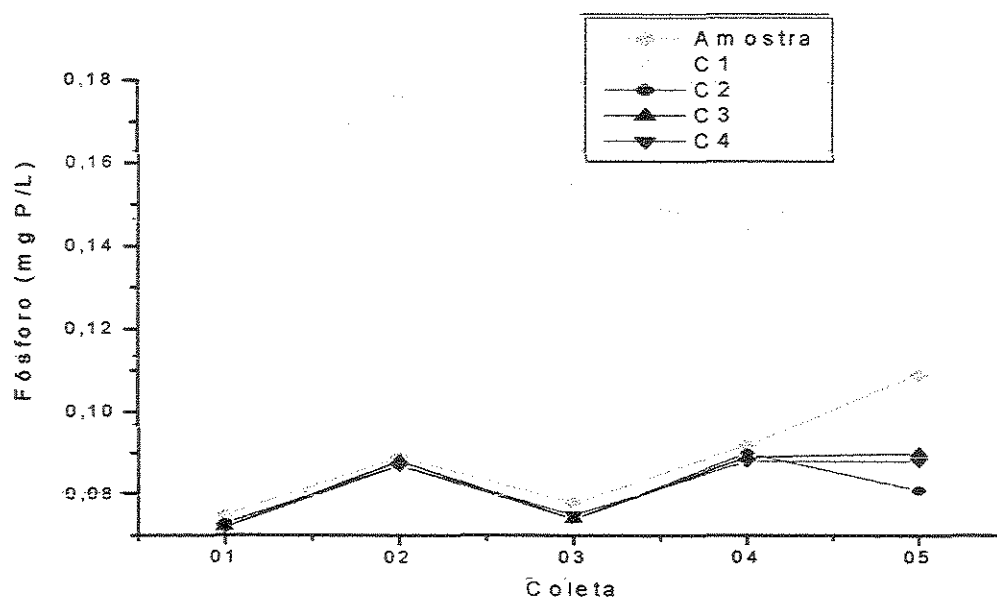
**Figura D.37:** Comportamento do pH ao longo das coletas na análise preliminar – aspecto qualitativo.



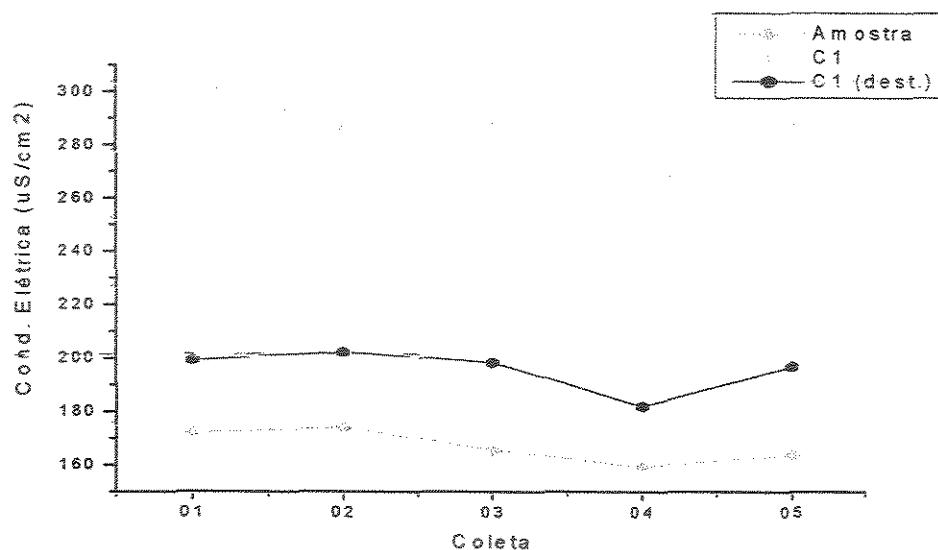
**Figura D.38:** Comportamento da condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ ) ao longo das coletas na análise preliminar – aspecto qualitativo.



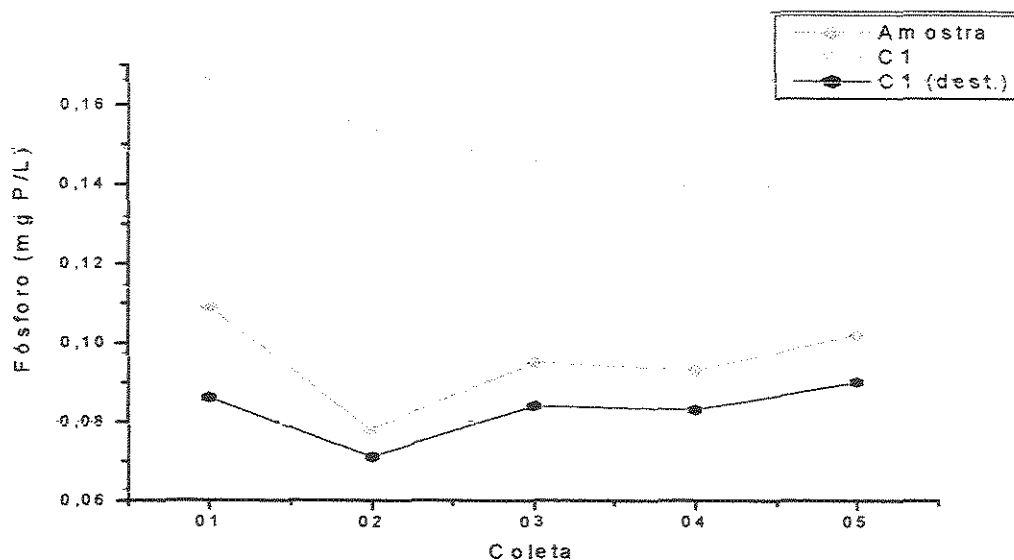
**Figura D.39:** Comportamento da DQO (mg O<sub>2</sub>/L) ao longo das coletas na análise preliminar – aspecto qualitativo.



**Figura D.40:** Comportamento do Fósforo (mg P/L) ao longo das coletas na análise preliminar – aspecto qualitativo.



**Figura D.41:** Comportamento da condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ ) ao longo das coletas na análise preliminar – aspecto qualitativo ao longo das coletas, onde um cápsula porosa de cerâmica foi lavada com água destilada.



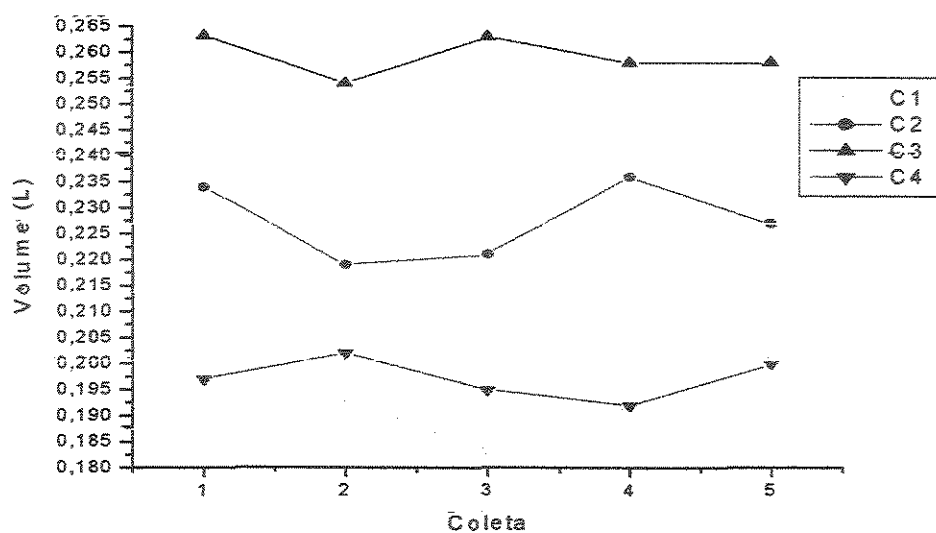
**Figura D.42:** Comportamento do Fósforo ( $\text{mg P/L}$ ) na análise preliminar – aspecto qualitativo ao longo das coletas, onde um cápsula porosa de cerâmica foi lavada com água destilada.

## **ANEXO E**

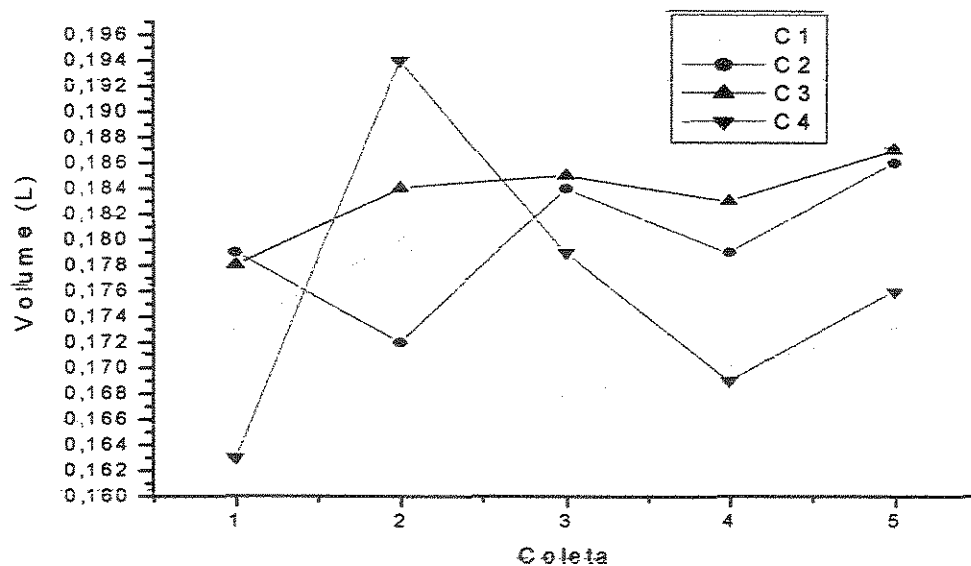
**Figura dos Resultados Obtidos dos Ensaaios de Campo.**

## **ANEXO E.1**

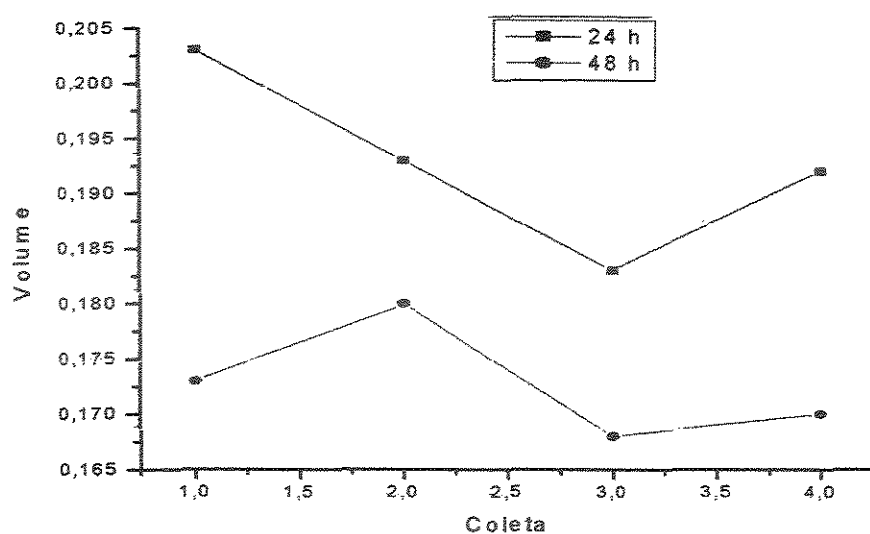
**Figuras dos Resultados Obtidos dos Ensaaios de Campo. - Aspecto Quantitativo.**



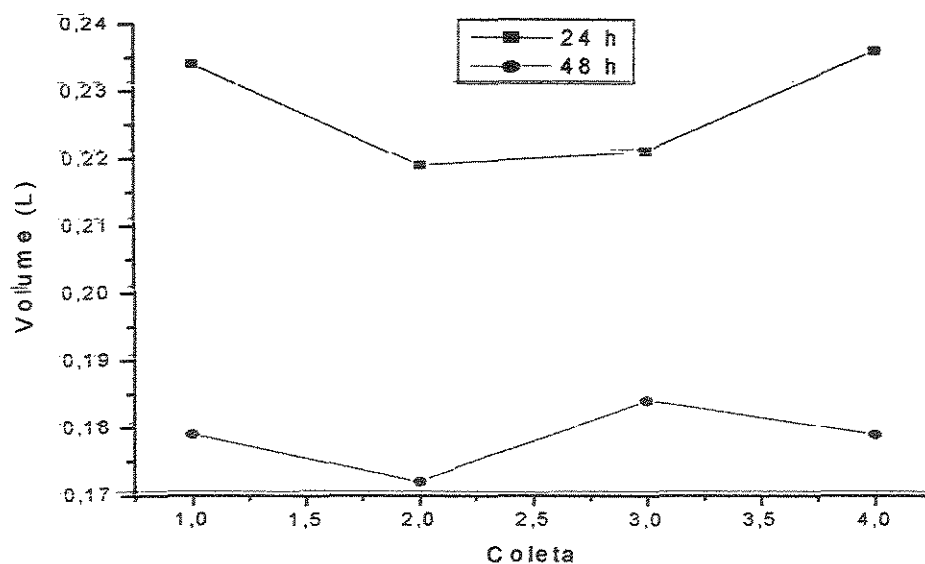
**Figura E.1:** Comportamento dos resultados obtidos de volume (L) ao longo das coletas do ensaio de campo – aspecto quantitativo, no intervalo de tempo de 24 horas.



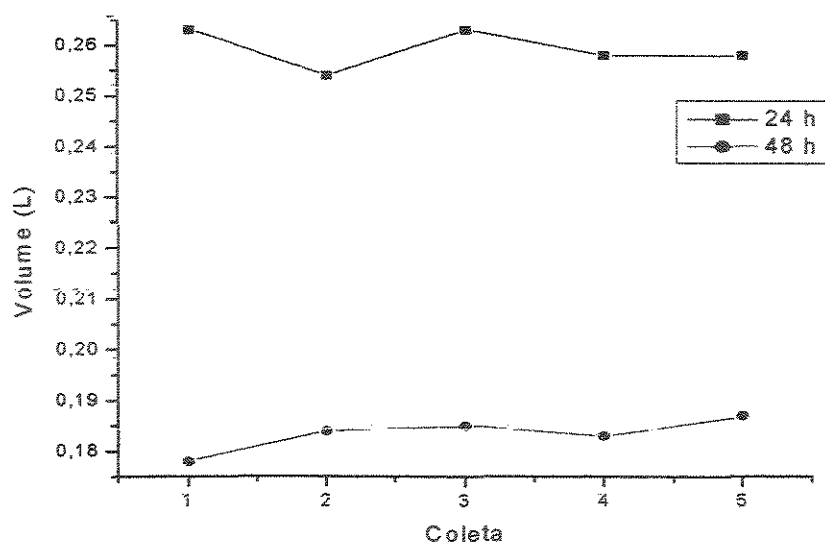
**Figura E.2:** Comportamento dos resultados obtidos de volume (L) ao longo das coletas do ensaio de campo – aspecto quantitativo, no intervalo de tempo de 48 horas.



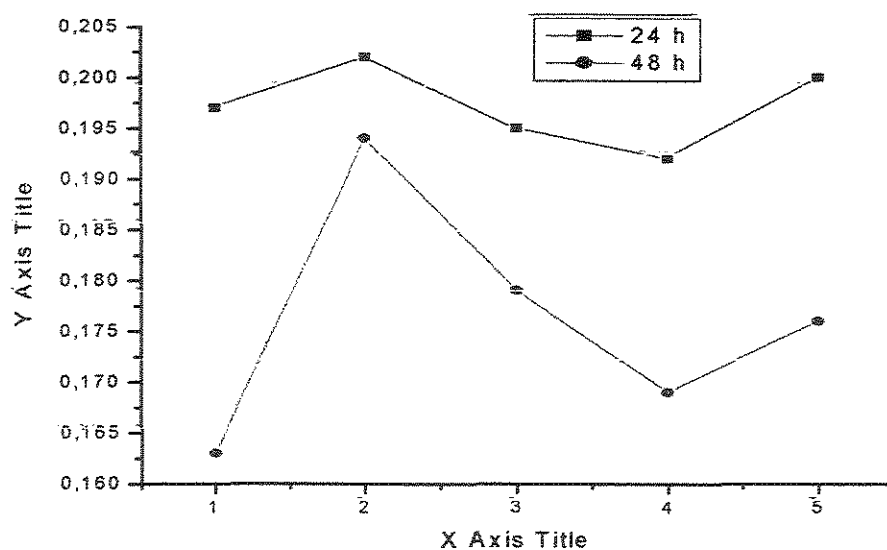
**Figura E.3:** Comportamento dos resultados obtidos de volume (L) ao longo das coletas pelo lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica nos intervalos de tempo de 24 horas e 48 horas.



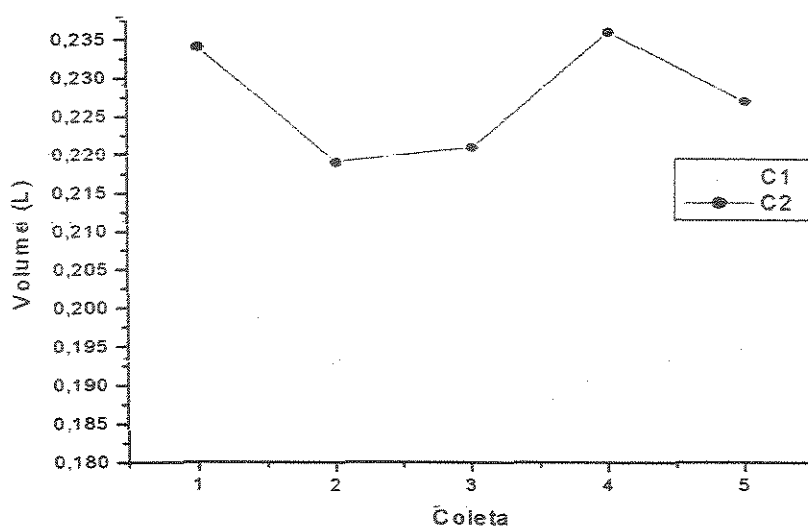
**Figura E.4:** Comportamento dos resultados obtidos de volume (L) ao longo das coletas pelo lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita nos intervalos de tempo de 24 horas e 48 horas.



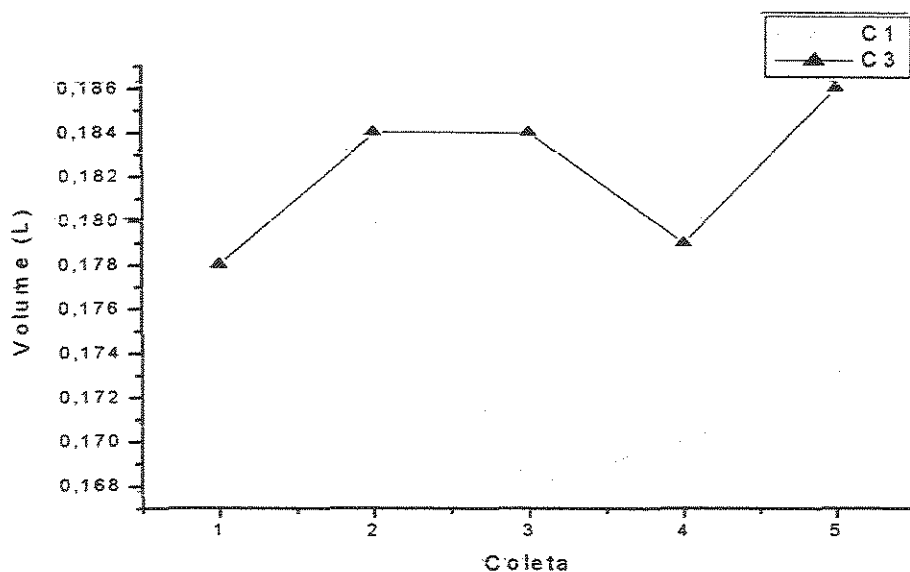
**Figura E.5:** Comportamento dos resultados obtidos de volume (L) ao longo das coletas pelo lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado nos intervalos de tempo de 24 horas e 48 horas.



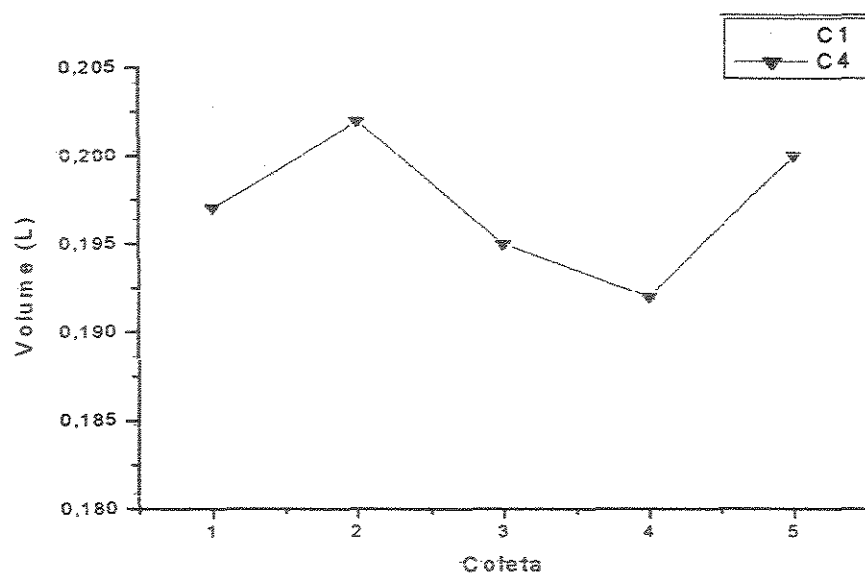
**Figura E.6:** Comportamento dos resultados obtidos de volume (L) ao longo das coletas pelo lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno nos intervalos de tempo de 24 horas e 48 horas.



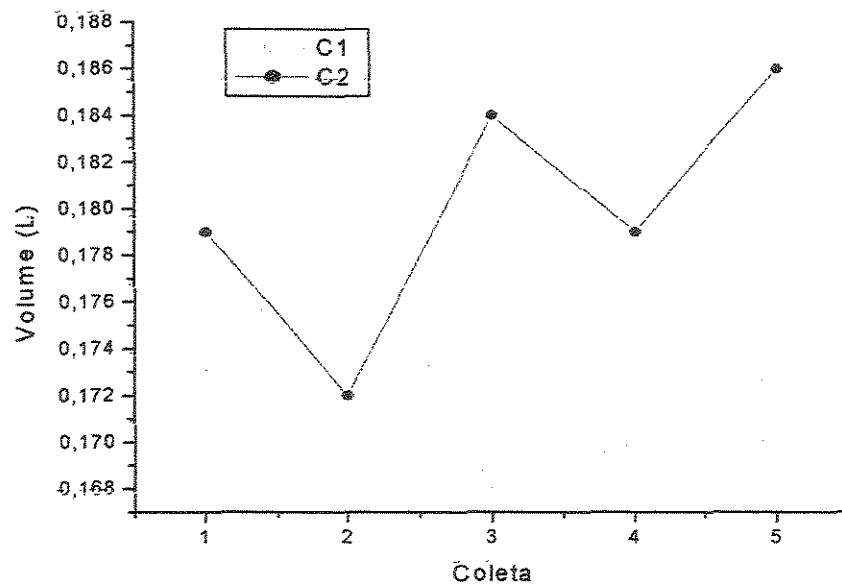
**Figura E.7:** Comportamento dos resultados obtidos de volume (L) ao longo das coletas pelo lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a cápsula porosa de diatomita no intervalo de tempo de 24 horas.



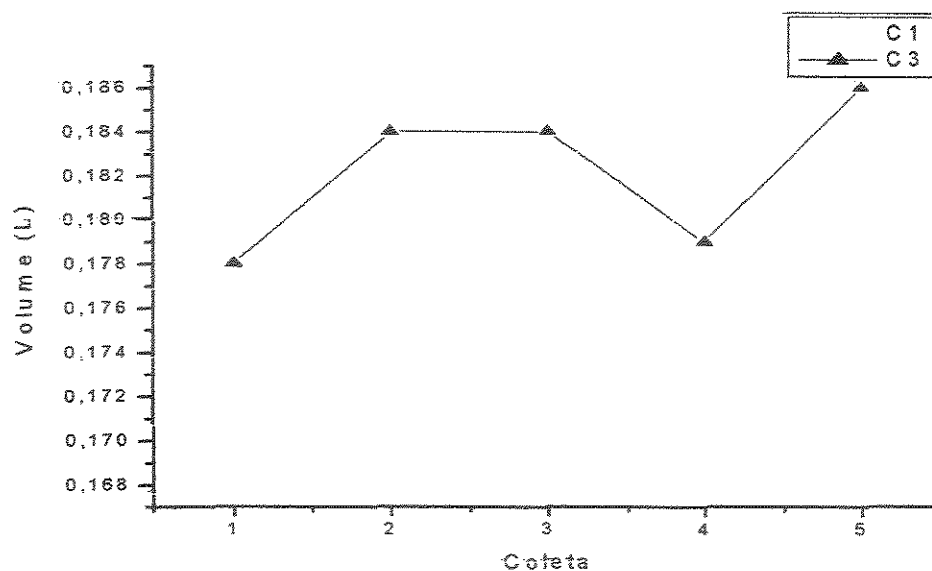
**Figura E.8:** Comportamento dos resultados obtidos de volume (L) ao longo das coletas pelo lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a cápsula porosa de plástico sinterizado no intervalo de tempo de 24 horas.



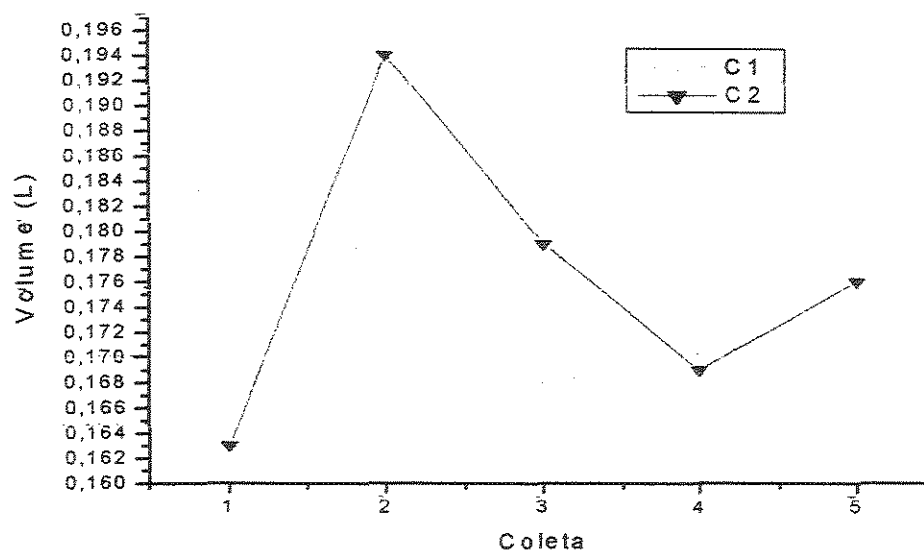
**Figura E.9:** Comportamento dos resultados obtidos de volume (L) ao longo das coletas pelo lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a cápsula porosa de polipropileno no intervalo de tempo de 24 horas.



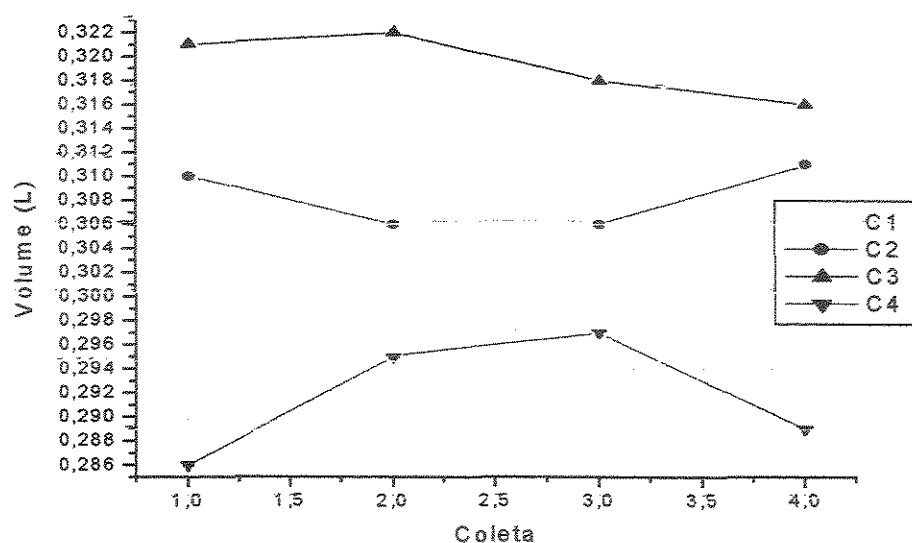
**Figura E.10:** Comportamento dos resultados obtidos de volume (L) ao longo das coletas pelo lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a cápsula porosa de diatomita no intervalo de tempo de 48 horas.



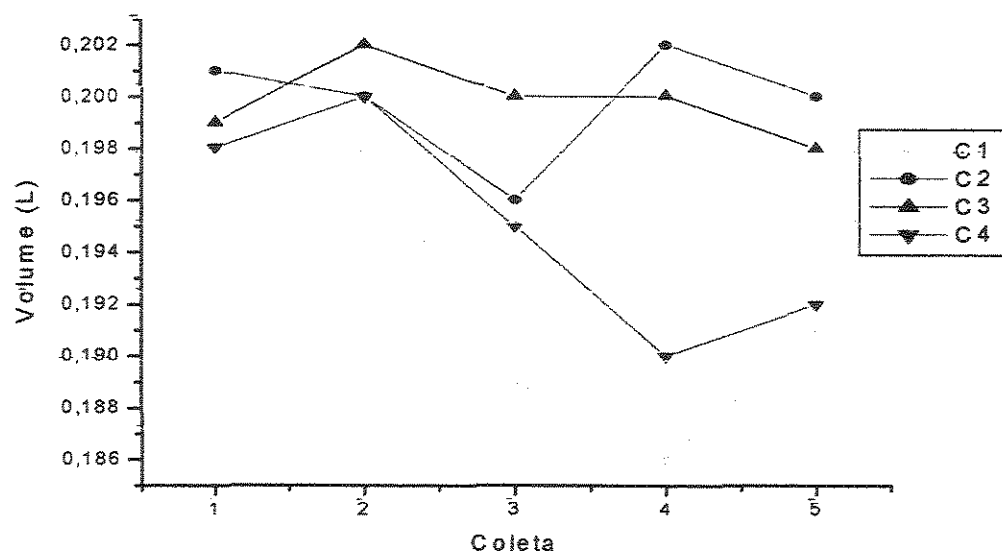
**Figura E.11:** Comportamento dos resultados obtidos de volume (L) ao longo das coletas pelo lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a cápsula porosa de plástico sinterizado no intervalo de tempo de 48 horas.



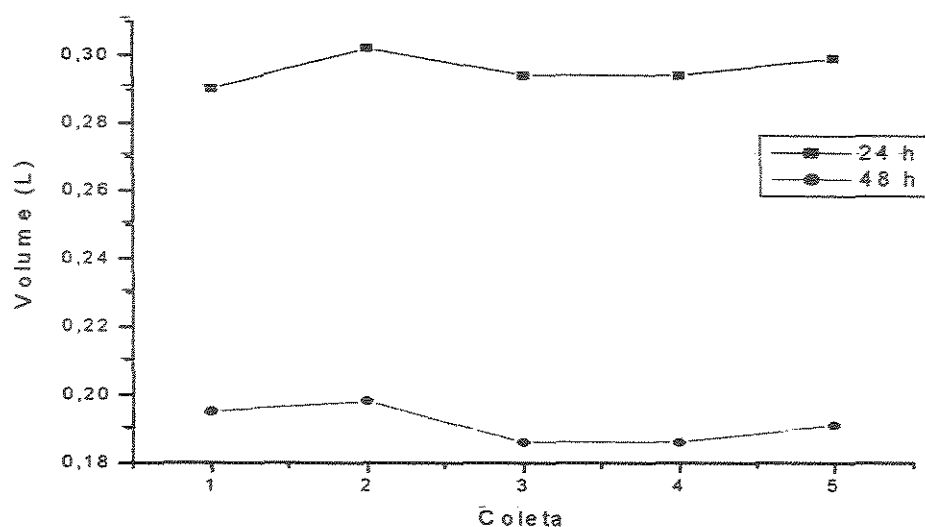
**Figura E.12:** Comportamento dos resultados obtidos de volume (L) ao longo das coletas pelo lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a cápsula porosa de polipropileno no intervalo de tempo de 48 horas.



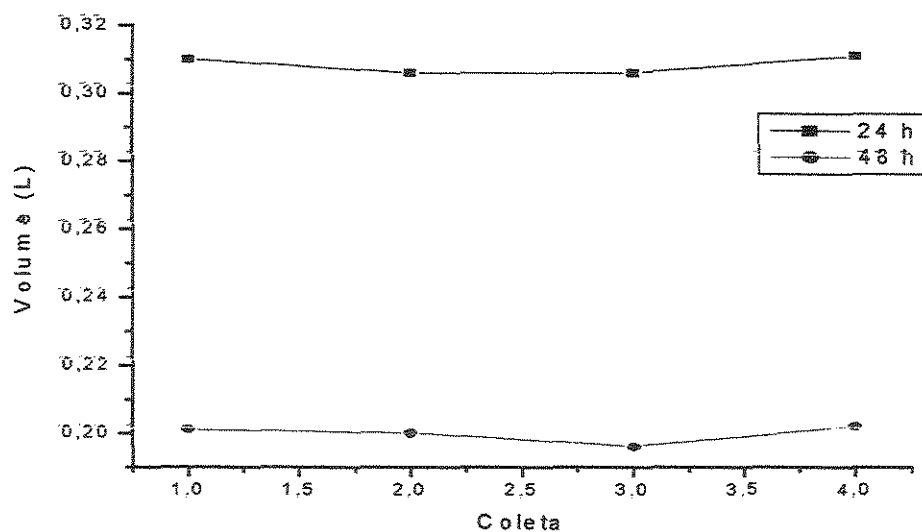
**Figura E.13:** Comportamento dos resultados obtidos de volume (L) ao longo das coletas do ensaio de campo – aspecto quantitativo, no intervalo de tempo de 24 horas, onde procedeu-se o instalação invertidas dos lisímetros de sucção no solo.



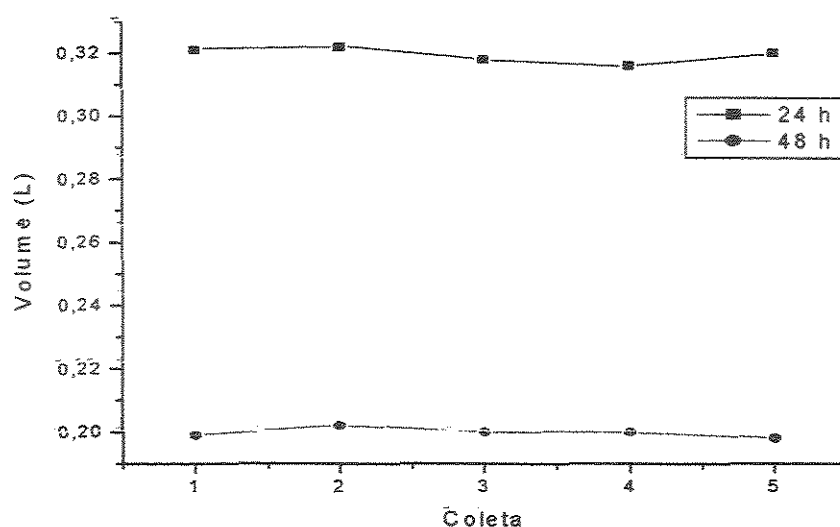
**Figura E.14:** Comportamento dos resultados obtidos de volume (L) ao longo das coletas do ensaio de campo – aspecto quantitativo, no intervalo de tempo de 48 horas, onde procedeu-se o instalação invertidas dos lisímetros de sucção no solo.



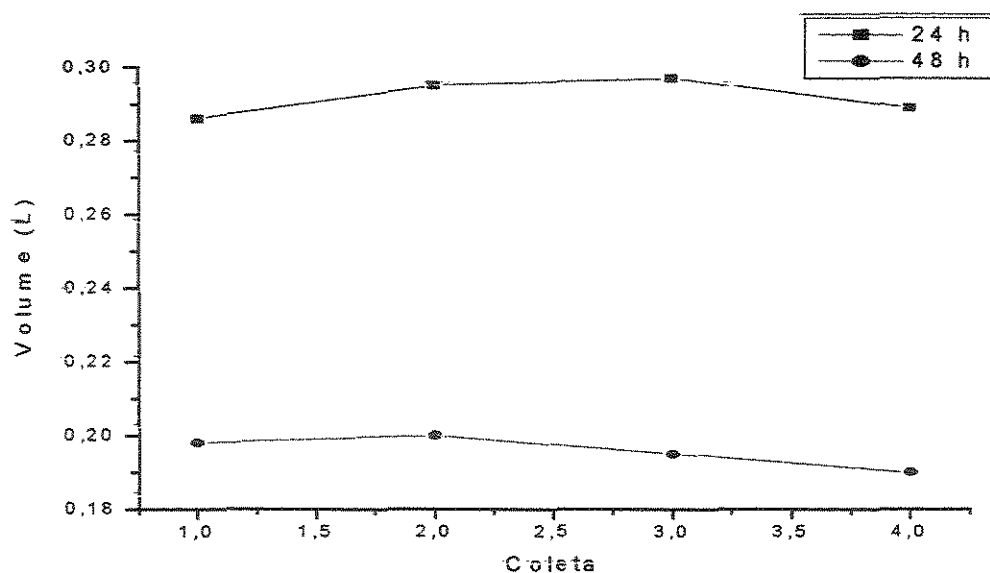
**Figura E.15:** Comportamento dos resultados obtidos de volume (L) ao longo das coletas pelo lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica nos intervalos de tempo de 24 horas e 48 horas, onde procedeu-se o instalação invertidas dos lisímetros de sucção no solo.



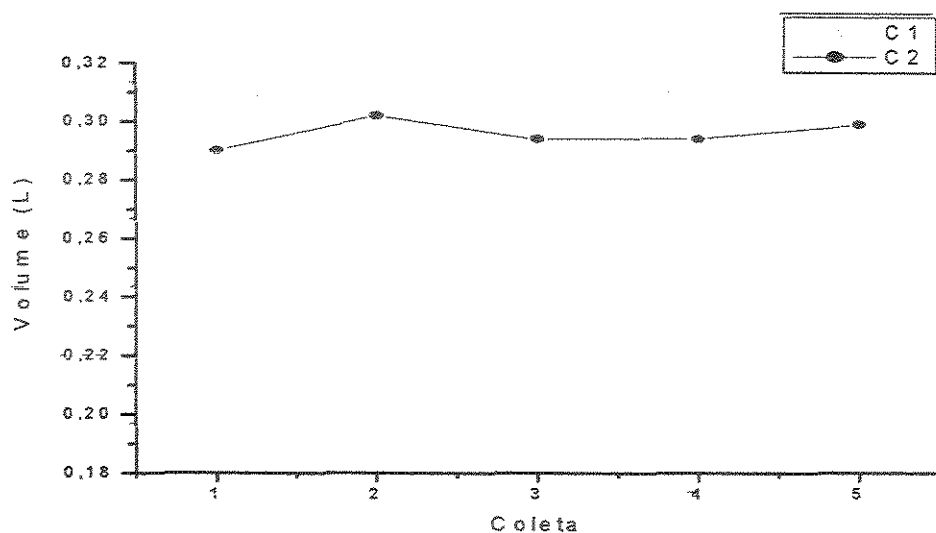
**Figura E.16:** Comportamento dos resultados obtidos de volume (L) ao longo das coletas pelo lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita nos intervalos de tempo de 24 horas e 48 horas, onde procedeu-se o instalação invertidas dos lisímetros de sucção no solo.



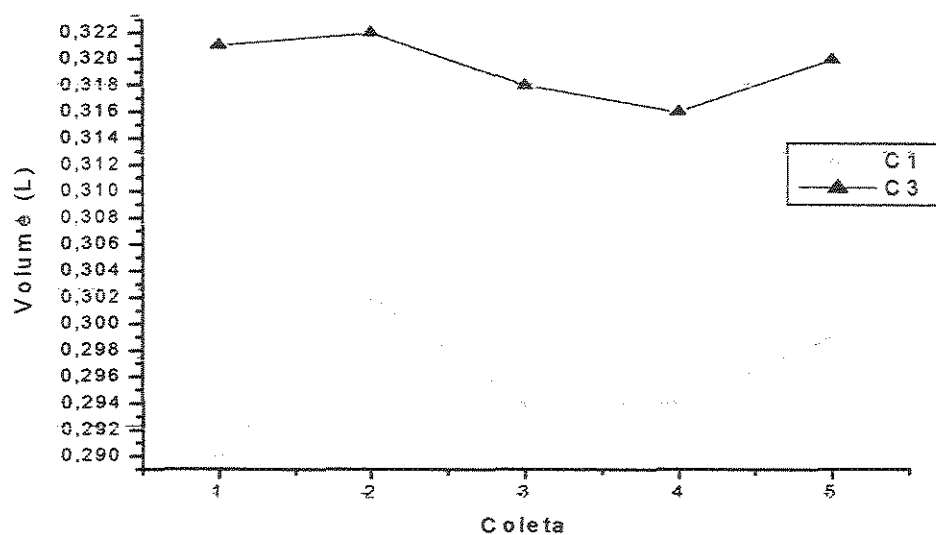
**Figura E.17:** Comportamento dos resultados obtidos de volume (L) ao longo das coletas pelo lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado nos intervalos de tempo de 24 horas e 48 horas, onde procedeu-se o instalação invertidas dos lisímetros de sucção no solo



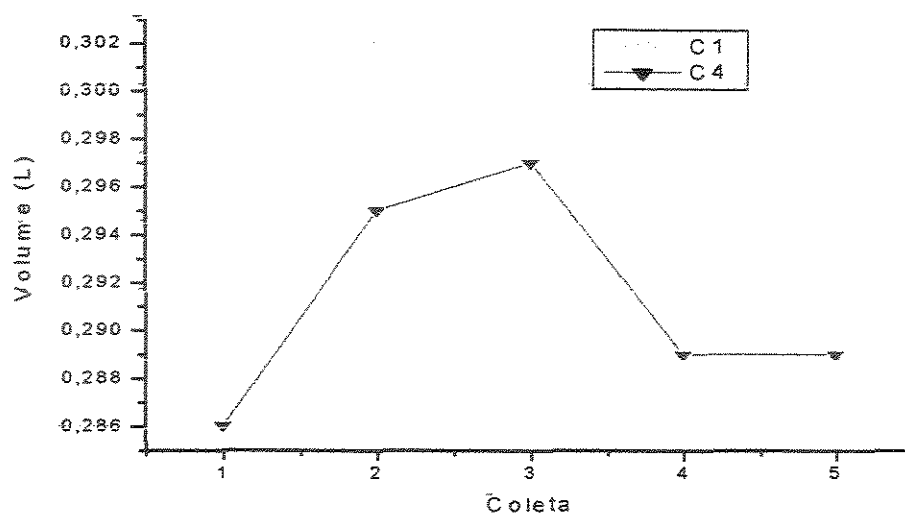
**Figura E.18:** Comportamento dos resultados obtidos de volume (L) ao longo das coletas pelo lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno nos intervalos de tempo de 24 horas e 48 horas, onde procedeu-se o instalação invertidas dos lisímetros de sucção no solo.



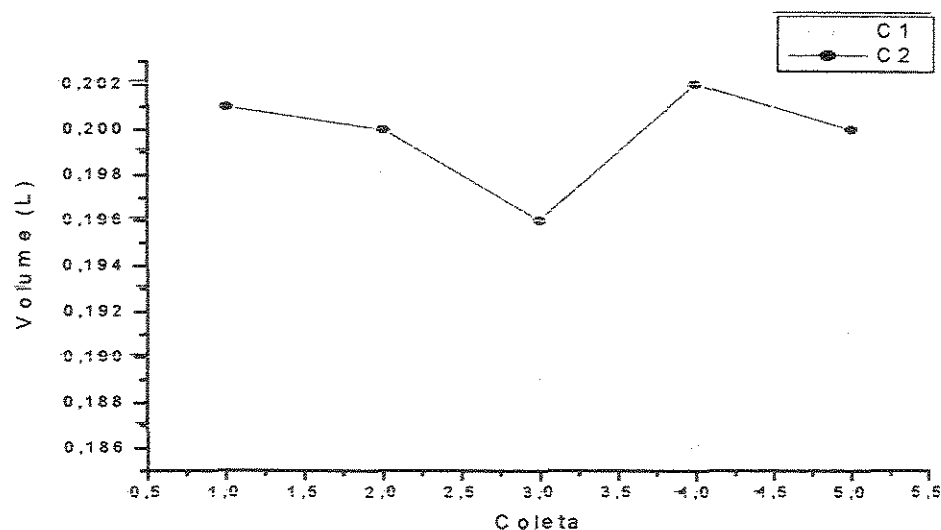
**Figura E.19:** Comportamento dos resultados obtidos de volume (L) ao longo das coletas pelo lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a cápsula porosa de diatomita no intervalo de tempo de 24 horas, onde procedeu-se o instalação invertidas dos lisímetros de sucção.



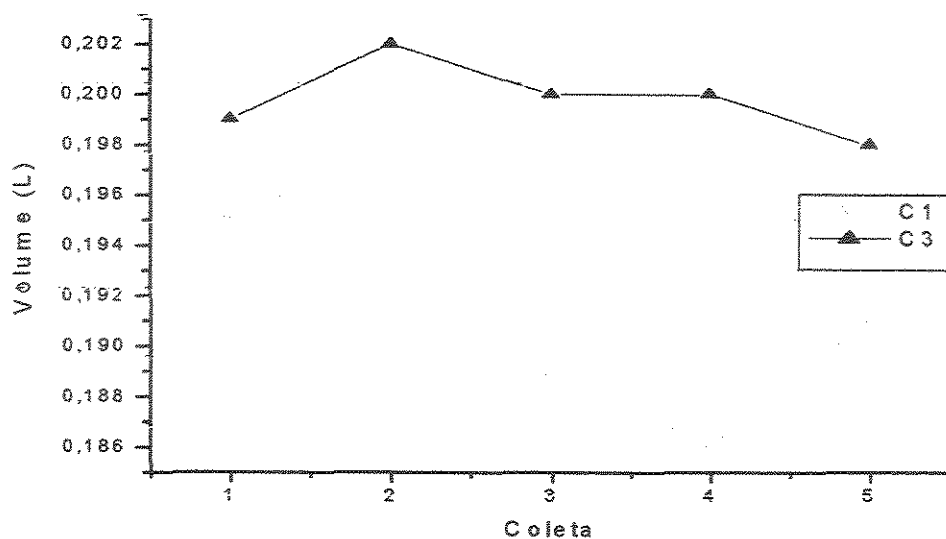
**Figura E.20:** Comportamento dos resultados obtidos de volume (L) ao longo das coletas pelo lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a cápsula porosa de plástico sinterizado no intervalo de tempo de 24 horas, onde procedeu-se o instalação invertidas dos lisímetros de sucção.



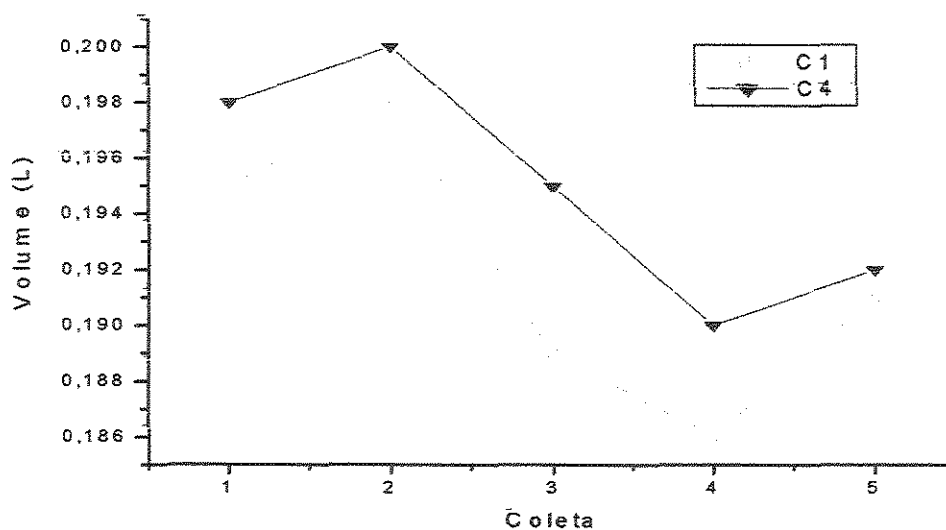
**Figura E.21:** Comportamento dos resultados obtidos de volume (L) ao longo das coletas pelo lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a cápsula porosa de polipropileno no intervalo de tempo de 24 horas, onde procedeu-se o instalação invertidas dos lisímetros de sucção.



**Figura E.22:** Comportamento dos resultados obtidos de volume (L) ao longo das coletas pelo lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a cápsula porosa de diatomita no intervalo de tempo de 48 horas, onde procedeu-se o instalação invertidas dos lisímetros de sucção.



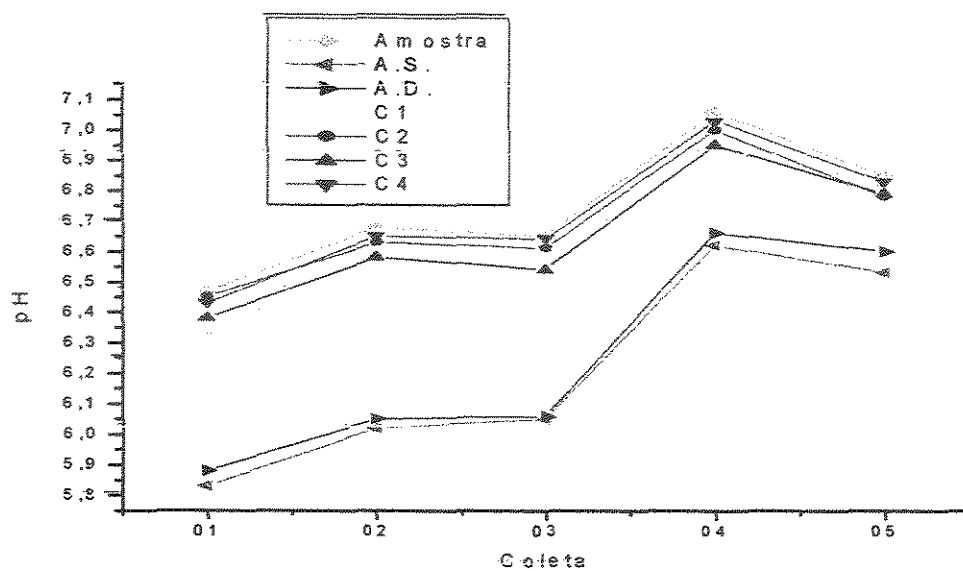
**Figura E.23:** Comportamento dos resultados obtidos de volume (L) ao longo das coletas pelo lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a cápsula porosa de plástico sinterizado no intervalo de tempo de 48 horas, onde procedeu-se o instalação invertidas dos lisímetros de sucção.



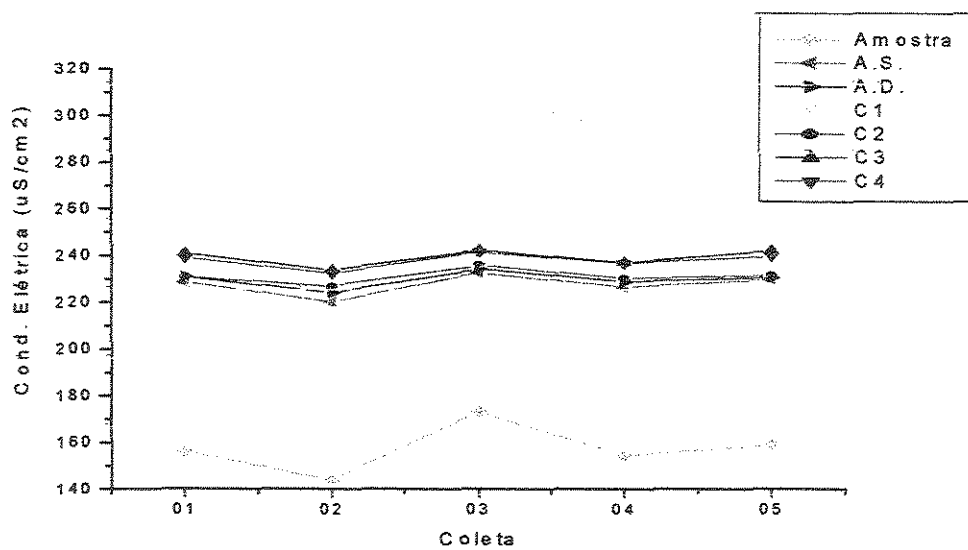
**Figura E.24:** Comportamento dos resultados obtidos de volume (L) ao longo das coletas pelo lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a cápsula porosa de polipropileno no intervalo de tempo de 48 horas, onde procedeu-se o instalação invertidas dos lisímetros de sucção.

## **ANEXO E.2**

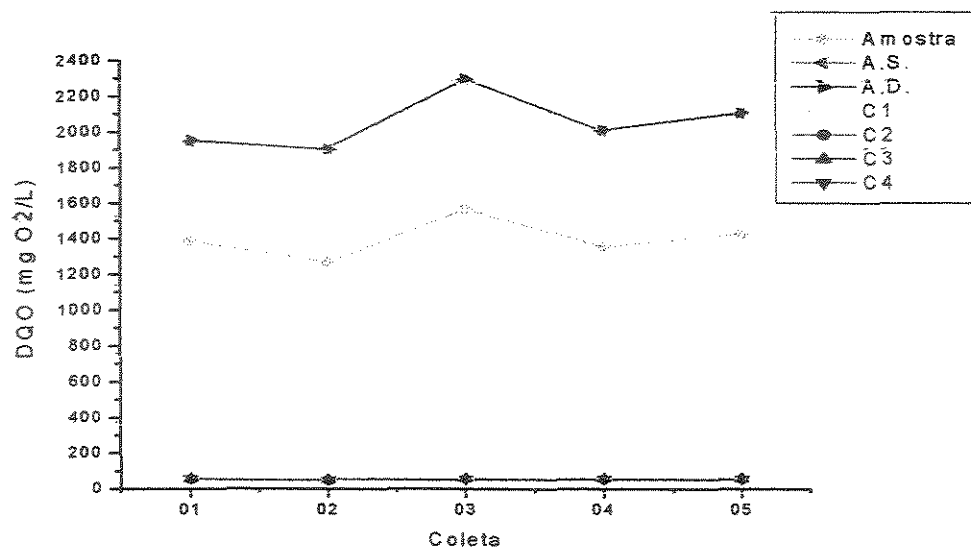
**Figura dos Resultados Obtidos dos Ensaios de Campo.- Aspecto Qualitativo.**



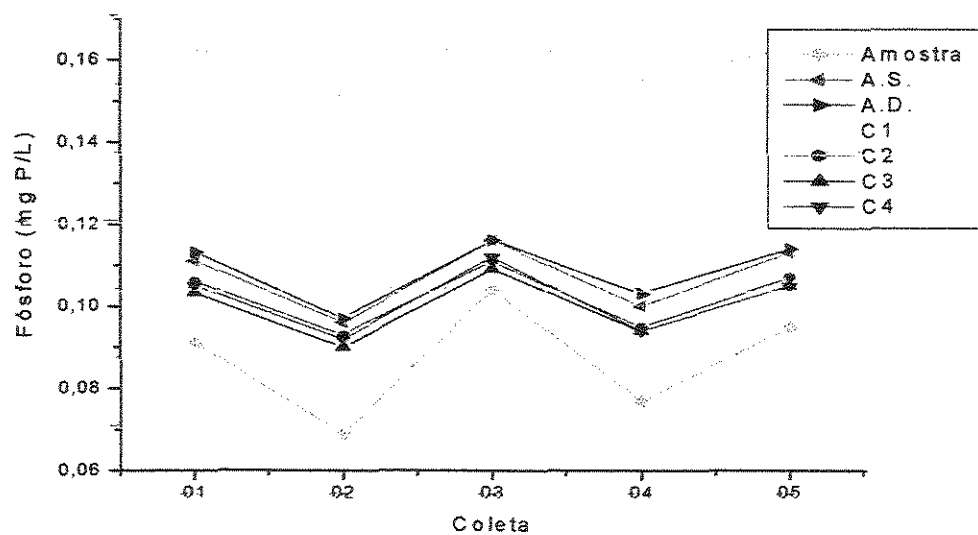
**Figura E.25:** Comportamento do pH ao longo das coletas no ensaio de campo – aspecto qualitativo, no intervalo de tempo de 24 horas.



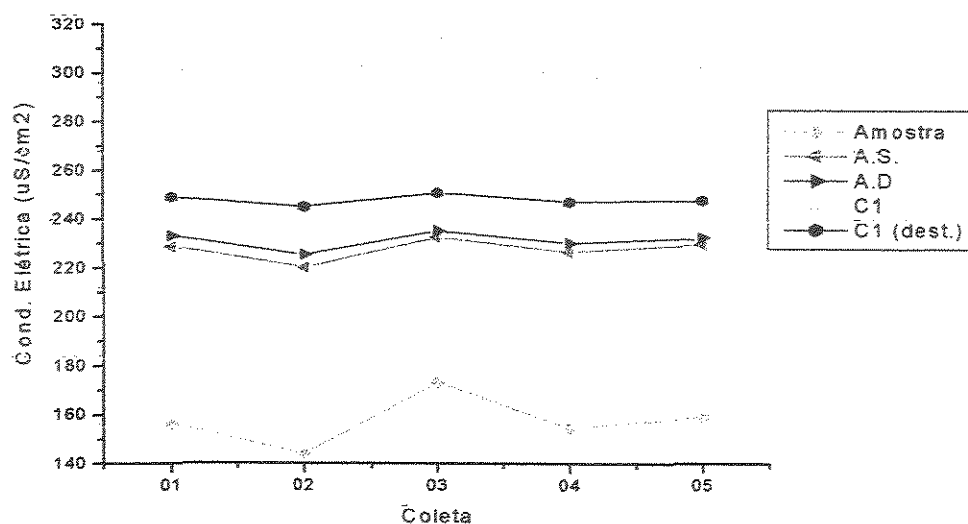
**Figura E.26:** Comportamento da condutividade elétrica ( $\mu S/cm^2$ ) ao longo das coletas no ensaio de campo – aspecto qualitativo, no intervalo de tempo de 24 horas.



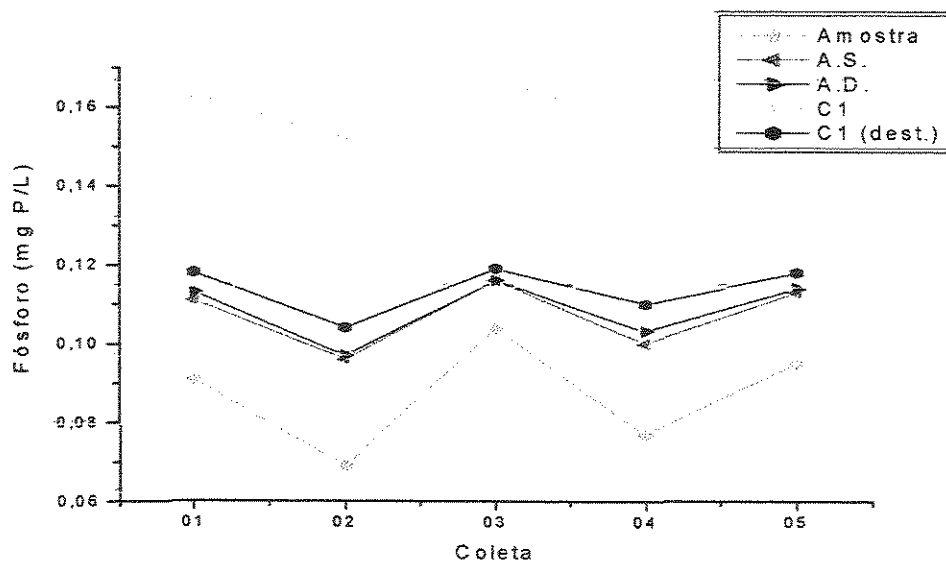
**Figura E.27:** Comportamento da DQO (mg O<sub>2</sub>/L) ao longo das coletas no ensaio de campo – aspecto qualitativo, no intervalo de tempo de 24 horas.



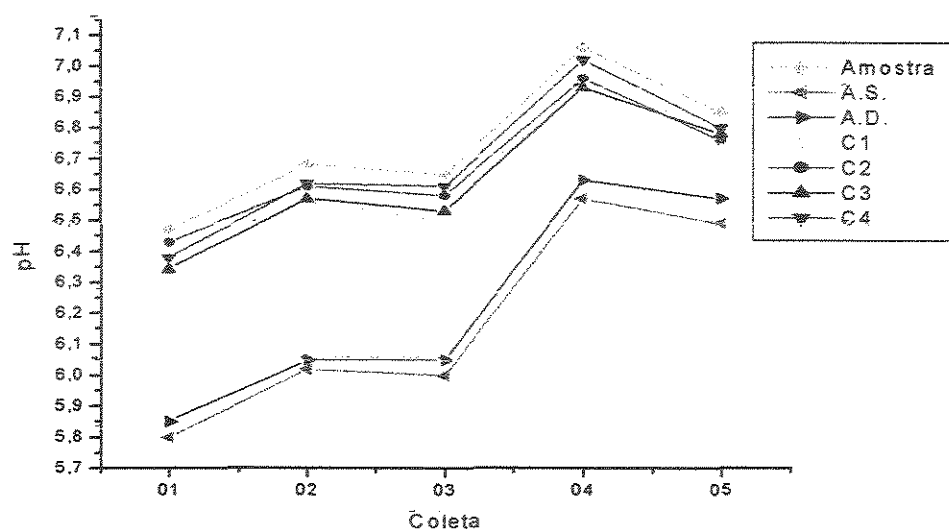
**Figura E.28:** Comportamento do fósforo (mg P/L) ao longo das coletas no ensaio de campo – aspecto qualitativo, no intervalo de tempo de 24 horas.



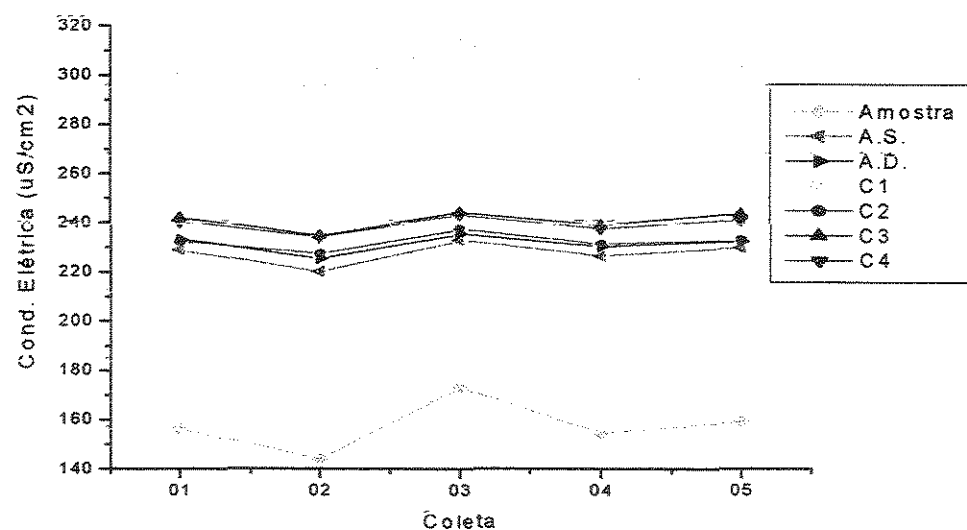
**Figura E.29:** Comportamento da condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ ) ao longo das coletas no ensaio de campo – aspecto qualitativo, no intervalo de tempo de 24 horas, onde uma cápsula porosa de cerâmica foi lavada com água destilada.



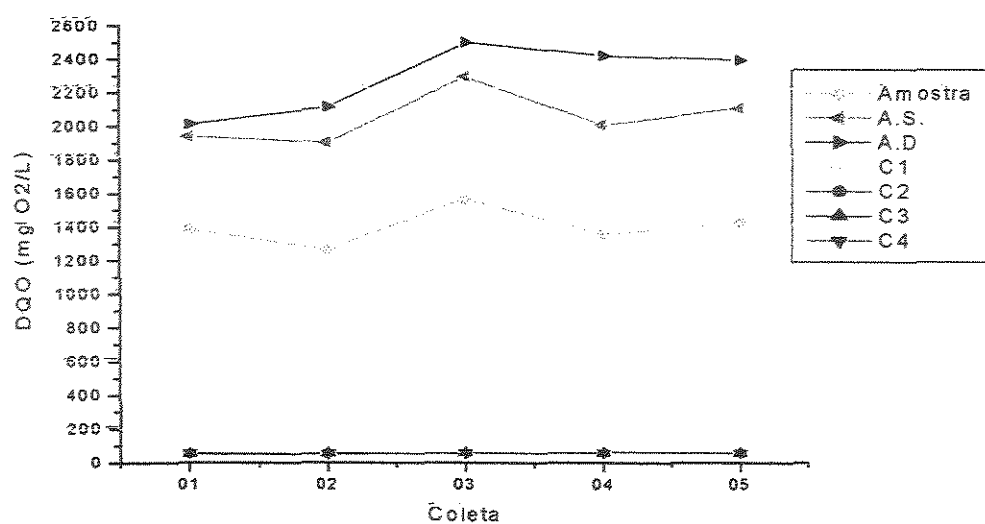
**Figura E.30:** Comportamento do fósforo ( $\text{mg P/L}$ ) ao longo das coletas no ensaio de campo – aspecto qualitativo, no intervalo de tempo de 24 horas, onde uma cápsula porosa de cerâmica foi lavada com água destilada.



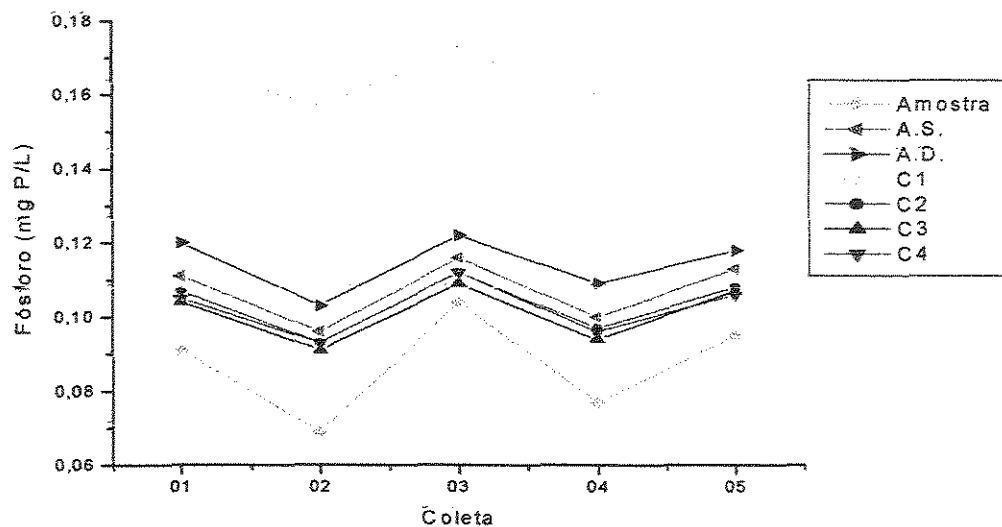
**Figura E.31:** Comportamento do pH ao longo das coletas no ensaio de campo – aspecto qualitativo, no intervalo de tempo de 48 horas.



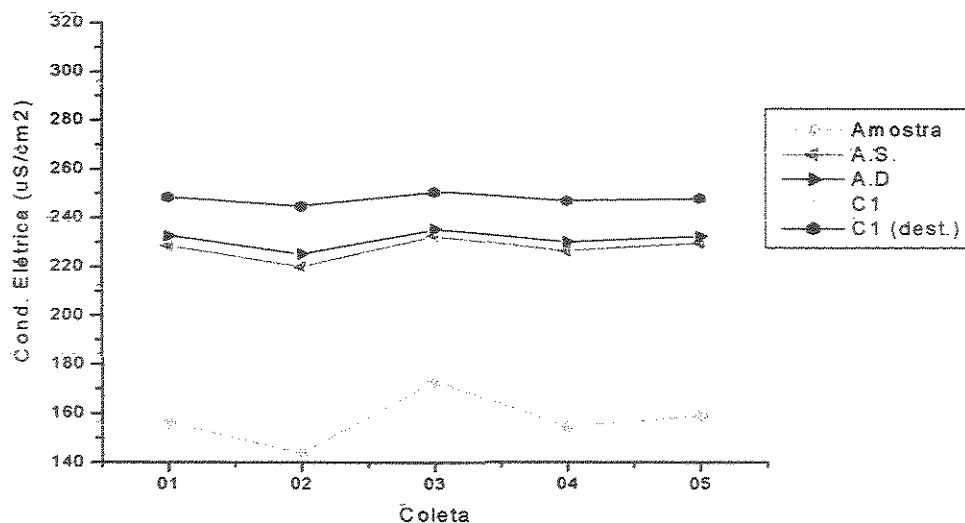
**Figura E.32:** Comportamento da condutividade elétrica ( $\mu S/cm^2$ ) ao longo das coletas no ensaio de campo – aspecto qualitativo, no intervalo de tempo de 48 horas.



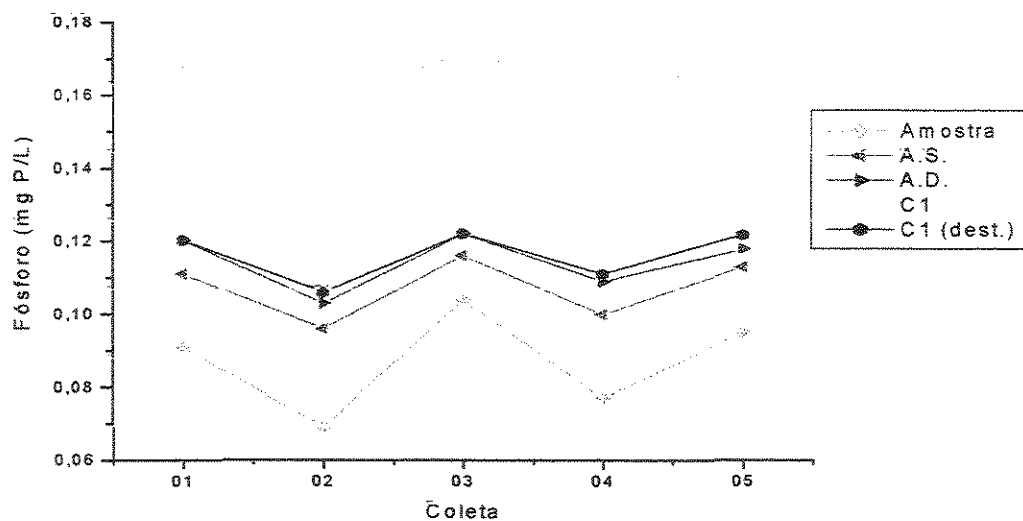
**Figura E.33:** Comportamento da DQO (mg O<sub>2</sub>/L) ao longo das coletas no ensaio de campo – aspecto qualitativo, no intervalo de tempo de 48 horas.



**Figura E.34:** Comportamento do fósforo (mg P/L) ao longo das coletas no ensaio de campo – aspecto qualitativo, no intervalo de tempo de 48 horas.



**Figura E.35:** Comportamento da condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ ) ao longo das coletas no ensaio de campo – aspecto qualitativo, no intervalo de tempo de 48 horas, onde uma cápsula porosa de cerâmica foi lavada com água destilada.



**Figura E.36:** Comportamento do fósforo (mg P/L) ao longo das coletas no ensaio de campo – aspecto qualitativo, no intervalo de tempo de 48 horas, onde uma cápsula porosa de cerâmica foi lavada com água destilada.

## **ANEXO F**

### **Figuras**

## **ANEXO F.1**

**Figuras do local de coleta, equipamentos utilizados na análise preliminar.**



**Figura F.1:** Local de coleta.



**Figura F.2:** Laboratório de Saneamento –FEC/UNICAMP.

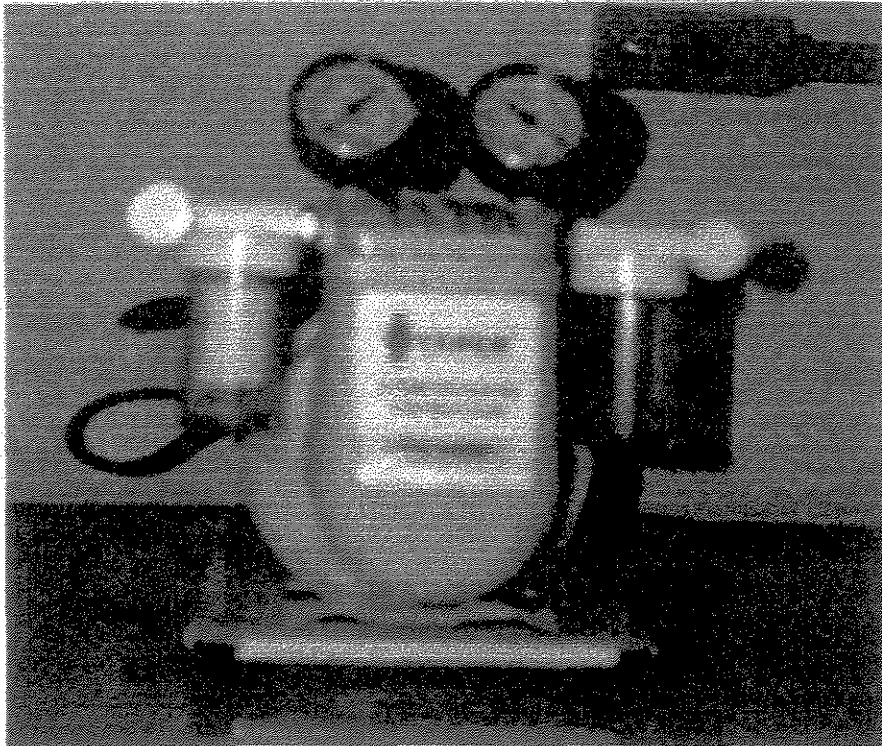


Figura F.3: Compressor utilizado para aplicação do vácuo.

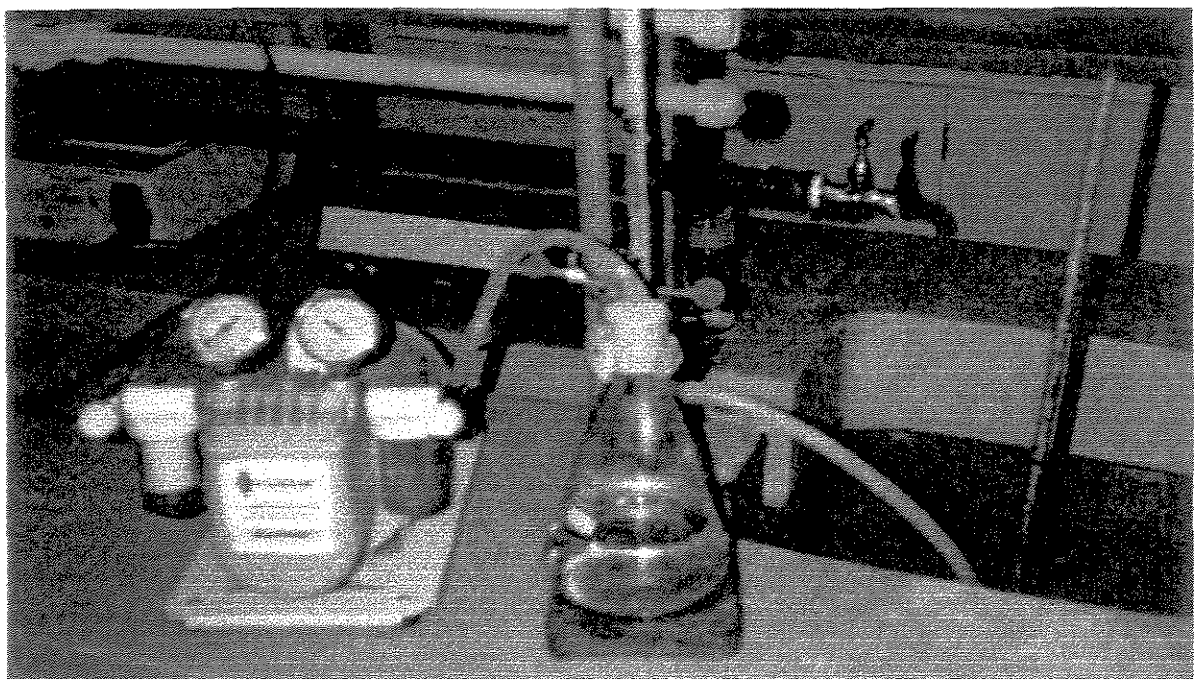
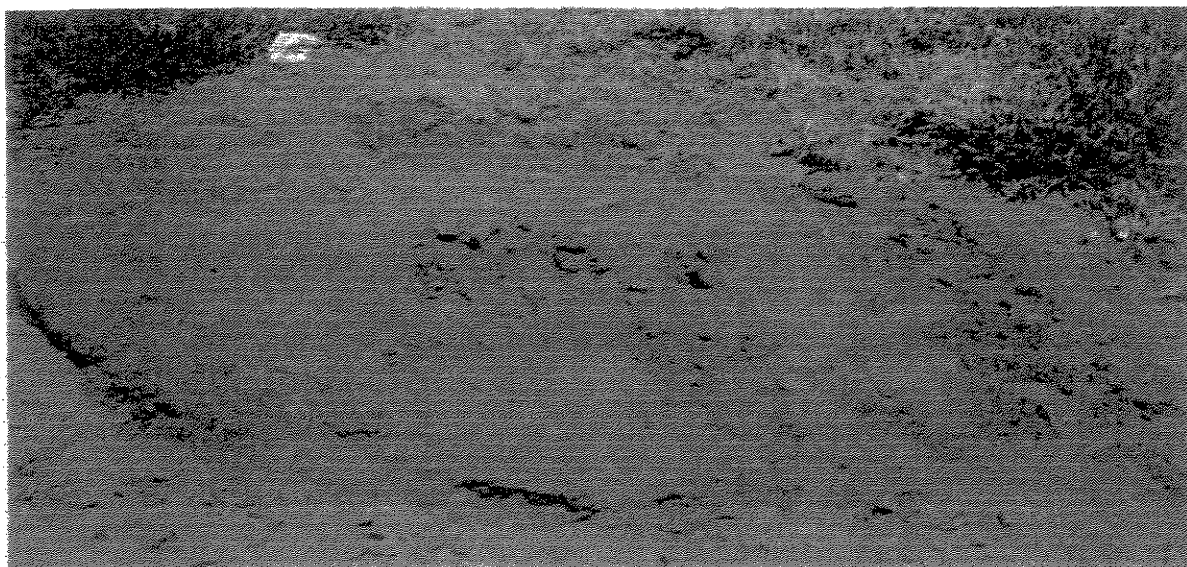


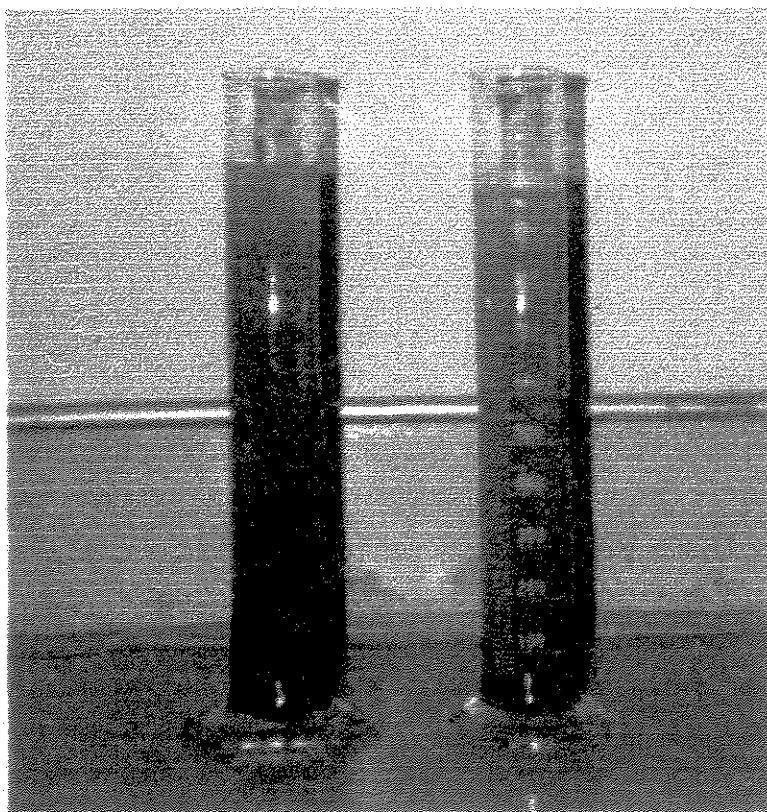
Figura F.4: Análise preliminar.

## **ANEXO F.2**

**Figuras do Ensaio de solo e do Ensaio de campo.**



**Figura F.5:** Solo utilizado no ensaio de campo.



**Figura F.6:** Análise granulométrica do solo.

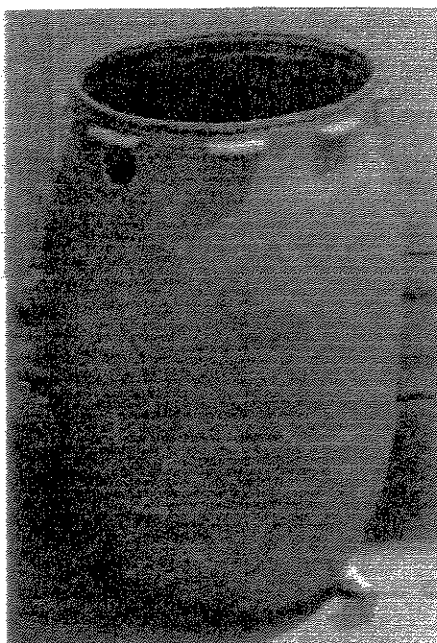


Figura F.7: Recipiente utilizado no ensaio de campo.

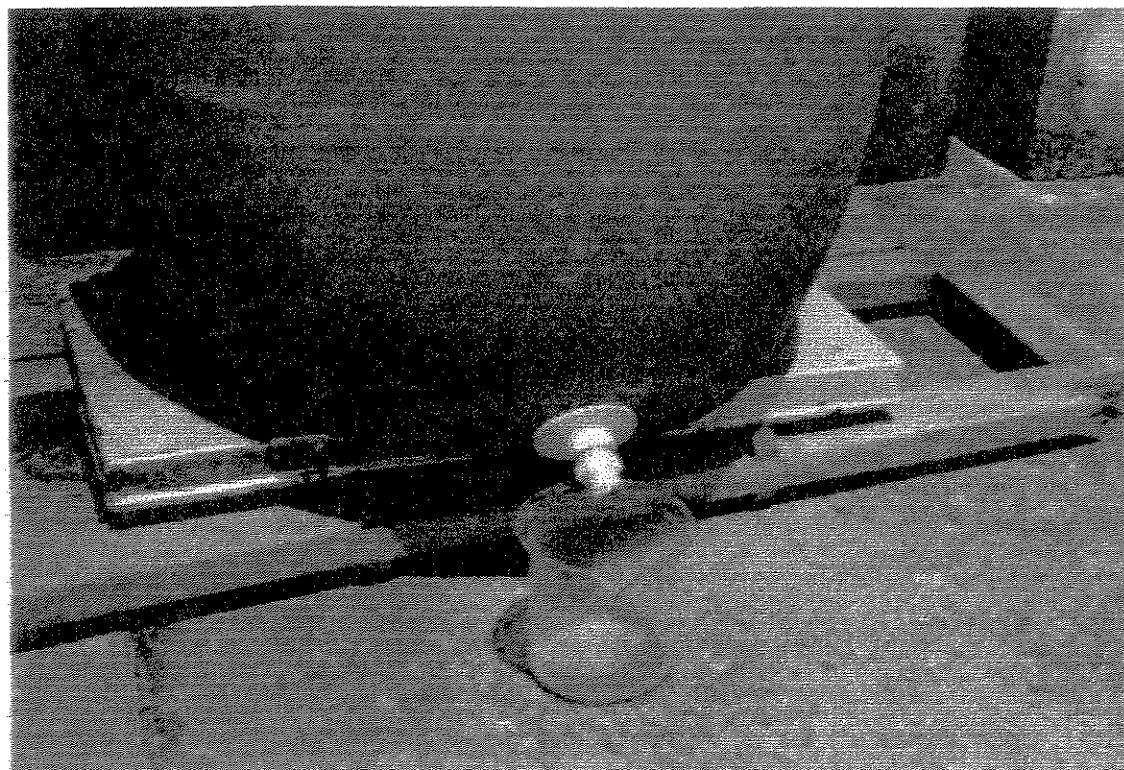
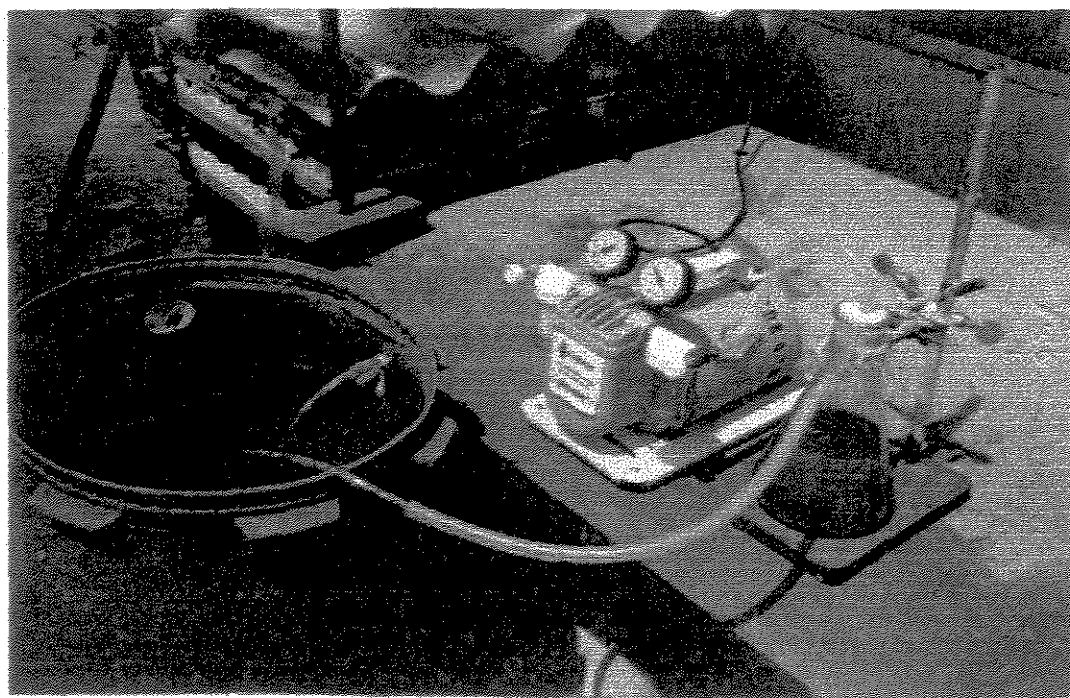


Figura F.8: Dreno.



**Figura F.9:** Ensaio de campo.



**Figura F.10:** Ensaio de campo.

## **ANEXO G**

**Resultados obtidos nas análises estatísticas.**

**Tabela G.1:** Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, na análise preliminar - aspecto quantitativo, aplicando vácuo de 0,2 bar.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>
<b>Regressão</b>	1	154,19	154,19	775,48
<b>Resíduo</b>	2	0,40	0,20	Fc>Ft
<b>Total</b>	3	154,59	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.2:** Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, na análise preliminar - aspecto quantitativo, aplicando vácuo de 0,2 bar

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>
<b>Regressão</b>	1	238,86	238,86	1690,78
<b>Resíduo</b>	2	0,28	0,14	Fc>Ft
<b>Total</b>	3	239,14	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.3:** Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, na análise preliminar - aspecto quantitativo, aplicando vácuo de 0,2 bar

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>
<b>Regressão</b>	1	270,98	270,98	2829,85
<b>Resíduo</b>	2	0,19	0,10	Fc>Ft
<b>Total</b>	3	271,17	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.4:** Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, na análise preliminar - aspecto quantitativo, aplicando vácuo de 0,4 bar.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	206,93	206,93	20219,56
<b>Resíduo</b>	2	0,02	0,01	Fc>Ft
<b>Total</b>	3	206,95	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.5:** Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, na análise preliminar - aspecto quantitativo, aplicando vácuo de 0,4 bar.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	264,06	264,06	2910,32
<b>Resíduo</b>	2	0,18	0,09	Fc>Ft
<b>Total</b>	3	264,24	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.6:** Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, na análise preliminar - aspecto quantitativo, aplicando vácuo de 0,4 bar.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	272,79	272,79	739,00
<b>Resíduo</b>	2	0,74	0,37	Fc>Ft
<b>Total</b>	3	273,53	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.7:** Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, na análise preliminar - aspecto quantitativo, aplicando vácuo de 0,6 bar.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>
<b>Regressão</b>	1	252,44	252,44	855,33
<b>Resíduo</b>	2	0,59	0,30	Fc>Ft
<b>Total</b>	3	253,03	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.8:** Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, na análise preliminar - aspecto quantitativo, aplicando vácuo de 0,6 bar.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>
<b>Regressão</b>	1	272,48	272,48	385,22
<b>Resíduo</b>	2	1,41	0,63	Fc>Ft
<b>Total</b>	3	273,9	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.9:** Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, na análise preliminar - aspecto quantitativo, aplicando vácuo de 0,6 bar.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>
<b>Regressão</b>	1	257,39	257,39	548,89
<b>Resíduo</b>	2	0,94	0,47	Fc>Ft
<b>Total</b>	3		<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.10:** Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, na análise preliminar - aspecto quantitativo, aplicando vácuo de 0,8 bar.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	293,70	293,70	244,70
<b>Resíduo</b>	2	2,40	1,20	Fc>Ft
<b>Total</b>	3	296,10	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.11:** Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, na análise preliminar - aspecto quantitativo, aplicando vácuo de 0,8 bar

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	268,83	268,83	159,22
<b>Resíduo</b>	2	3,38	1,69	Fc>Ft
<b>Total</b>	3	272,21	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.12:** Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, na análise preliminar - aspecto quantitativo, aplicando vácuo de 0,8 bar

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	245,03	245,03	168,93
<b>Resíduo</b>	2	2,90	1,45	Fc>Ft
<b>Total</b>	3	247,93	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.13:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação de pH entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a amostra testemunha, na análise preliminar - aspecto qualitativo.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,0057	0,0057	10,09
<b>Resíduo</b>	2	0,0509	0,0170	Fc<Ft
<b>Total</b>	3	0,0566	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.14:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação de pH entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e a amostra testemunha, na análise preliminar - aspecto qualitativo.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,0235	0,0235	10,91
<b>Resíduo</b>	2	0,0070	0,0023	Fc<Ft
<b>Total</b>	3	0,0306	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.15:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação de pH entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e a amostra testemunha, na análise preliminar - aspecto qualitativo.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,0708	0,0708	13,71
<b>Resíduo</b>	2	0,0015	0,0005	Fc<Ft
<b>Total</b>	3	0,0724	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.16:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação de pH entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e a amostra testemunha, na análise preliminar - aspecto qualitativo.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,0747	0,0747	8,18
<b>Resíduo</b>	2	0,0026	0,0009	Fc<Ft
<b>Total</b>	3	0,773	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.17:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu \text{ S/cm}^2$ ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a amostra testemunha, na análise preliminar - aspecto qualitativo.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	1154,39	1154,39	118,10
<b>Resíduo</b>	2	2100,78	700,26	Fc>Ft
<b>Total</b>	3	3255,17	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.18:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu \text{ S/cm}^2$ ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e a amostra testemunha, na análise preliminar - aspecto qualitativo.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	1864,51	1864,51	26,30
<b>Resíduo</b>	2	8,69	2,90	Fc<Ft
<b>Total</b>	3	1873,20	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.19:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu \text{ S/cm}^2$ ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e a amostra testemunha, na análise preliminar - aspecto qualitativo.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>
<b>Regressão</b>	1	1077,06	1077,06	19,80
<b>Resíduo</b>	2	61,43	20,48	$F_c < F_t$
<b>Total</b>	3	1138,49	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.20:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu \text{ S/cm}^2$ ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e a amostra testemunha, na análise preliminar - aspecto qualitativo.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>
<b>Regressão</b>	1	1306,71	1306,71	22,21
<b>Resíduo</b>	2	31,52	10,51	$F_c < F_t$
<b>Total</b>	3	1338,22	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.21:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu \text{ S/cm}^2$ ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a amostra testemunha. (com o objetivo de comparar com a cápsula de cerâmica lavada com água destilada), na análise preliminar - aspecto qualitativo.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>
<b>Regressão</b>	1	441,72	441,72	345,6
<b>Resíduo</b>	3	392,11	130,70	$F_c > F_t$
<b>Total</b>	4	833,83	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.22:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu\text{ S/cm}^2$ ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica lavada com água destilada e a amostra testemunha, na análise preliminar - aspecto qualitativo.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	177,82	177,82	128,70
<b>Resíduo</b>	3	72,75	24,25	Fc>Ft
<b>Total</b>	4	250,57	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.23:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da DQO ( $\text{mg O}_2/\text{L}$ ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a amostra testemunha, na análise preliminar - aspecto qualitativo.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	177,26	177,26	11,57
<b>Resíduo</b>	3	45,98	15,33	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	223,24	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.24:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da DQO ( $\text{mg O}_2/\text{L}$ ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e a amostra testemunha, na análise preliminar - aspecto qualitativo.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	662,63	662,63	16,43
<b>Resíduo</b>	3	120,97	40,32	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	783,60	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.25:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da DQO ( $\text{mg O}_2/\text{L}$ ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e a amostra testemunha, na análise preliminar - aspecto qualitativo.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	643,48	643,48	14,48
<b>Resíduo</b>	3	133,33	44,45	$F_c < F_t$
<b>Total</b>	4	776,82	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.26:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da DQO ( $\text{mg O}_2/\text{L}$ ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e a amostra testemunha, na análise preliminar - aspecto qualitativo.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	622,20	622,20	13,67
<b>Resíduo</b>	3	136,55	45,52	$F_c < F_t$
<b>Total</b>	4	758,74	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.27:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação do fósforo ( $\text{mg P/L}$ ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a amostra testemunha., na análise preliminar - aspecto qualitativo.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,0001	0,0001	63,20
<b>Resíduo</b>	3	0,0005	0,0002	$F_c > F_t$
<b>Total</b>	4	0,0006	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.28:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação do fósforo (mg P/L) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e a amostra testemunha, na análise preliminar - aspecto qualitativo.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,0001	0,0001	1,17
<b>Resíduo</b>	3	0,0002	0,0001	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	0,0003	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.29:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação do fósforo (mg P/L) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e a amostra testemunha, na análise preliminar - aspecto qualitativo.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,0002	0,0002	8,79
<b>Resíduo</b>	3	0,0001	0,0000	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	0,0003	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.30:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação do fósforo (mg P/L) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e a amostra testemunha, na análise preliminar - aspecto qualitativo.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,0002	0,0002	7,22
<b>Resíduo</b>	3	0,0001	0,0000	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	0,0003	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.31:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação do fósforo (mg P/L) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a amostra testemunha. (com o objetivo de comparar com a cápsula de cerâmica lavada com água destilada), na análise preliminar - aspecto qualitativo.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,0002	0,0002	54,76
<b>Resíduo</b>	3	0,0002	0,0001	Fc>Ft
<b>Total</b>	4	0,0004	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.32:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação do fósforo (mg P/L) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica lavada com água destilada e a amostra testemunha, na análise preliminar - aspecto qualitativo.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,0001	0,0001	2,09
<b>Resíduo</b>	3	0,0001	0,0000	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	0,0002	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.33:** Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, no ensaio de campo – aspecto quantitativo e intervalo de 24 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,0001	0,0001	1,35
<b>Resíduo</b>	3	0,0002	0,0001	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	0,0003	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.34:** Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, no ensaio de campo – aspecto quantitativo e intervalo de 24 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,0000	0,0000	0,00
<b>Resíduo</b>	3	0,0001	0,0000	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	0,0001	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.35:** Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, no ensaio de campo – aspecto quantitativo e intervalo de 24 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,0000	0,0000	0,26
<b>Resíduo</b>	3	0,0001	0,0000	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	0,0001	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.36:** Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, no ensaio de campo – aspecto quantitativo e intervalo de 48 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,0001	0,0001	3,60
<b>Resíduo</b>	3	0,0001	0,0000	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	0,0002	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.37:** Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, no ensaio de campo – aspecto quantitativo e intervalo de 48 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,0000	0,0000	0,01
<b>Resíduo</b>	3	0,0000	0,0000	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	0,0000	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.38:** Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, no ensaio de campo – aspecto quantitativo e intervalo de 48 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,0002	0,0002	1,86
<b>Resíduo</b>	3	0,0003	0,0001	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	0,0005	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.39:** Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, instalados de maneira invertida no solo, no ensaio de campo – aspecto quantitativo e intervalo de 24 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,0000	0,0000	0,68
<b>Resíduo</b>	3	0,0000	0,0000	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	0,0000	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.40:** Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, instalados de maneira invertida no solo, no ensaio de campo – aspecto quantitativo e intervalo de 24 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,0000	0,0000	0,54
<b>Resíduo</b>	3	0,0000	0,0000	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	0,0000	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.41:** Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, instalados de maneira invertida no solo, no ensaio de campo – aspecto quantitativo e intervalo de 24 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,0000	0,0000	0,82
<b>Resíduo</b>	3	0,0001	0,0000	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	0,0001	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.42:** Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, instalados de maneira invertida no solo, no ensaio de campo – aspecto quantitativo e intervalo de 48 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,0000	0,0000	0,34
<b>Resíduo</b>	3	0,0001	0,0000	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	0,0001	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.43:** Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, instalados de maneira invertida no solo, no ensaio de campo – aspecto quantitativo e intervalo de 48 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,0000	0,0000	0,52
<b>Resíduo</b>	3	0,0000	0,0000	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	0,0000	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.44:** Resultado da análise estatística da comparação entre o volume coletado no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e confeccionado com cápsula porosa de cerâmica, instalados de maneira invertida no solo, no ensaio de campo – aspecto quantitativo e intervalo de 48 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,0001	0,0000	15,70
<b>Resíduo</b>	3	0,0000	0,0000	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	0,0000	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.45:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação de pH entre a amostra do solo e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,18	0,18	32,69
<b>Resíduo</b>	3	0,02	0,01	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	0,20	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.46:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação de pH entre a amostra do solo e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>
<b>Regressão</b>	1	0,41	0,41	32,69
<b>Resíduo</b>	3	0,04	0,01	$F_c < F_t$
<b>Total</b>	4	0,45	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.47:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação de pH entre a amostra do dreno e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>
<b>Regressão</b>	1	0,45	0,45	24,25
<b>Resíduo</b>	3	0,06	0,02	$F_c < F_t$
<b>Total</b>	4	0,51	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.48:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação de pH entre a amostra do dreno e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>
<b>Regressão</b>	1	0,44	0,44	27,51
<b>Resíduo</b>	3	0,05	0,02	$F_c < F_t$
<b>Total</b>	4	0,49	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.49:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação de pH entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,24	0,24	31,94
<b>Resíduo</b>	3	0,01	0,00	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	0,25	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.50:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação de pH entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,26	0,26	33,96
<b>Resíduo</b>	3	0,01	0,00	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	0,27	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.51:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação de pH entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,15	0,15	26,81
<b>Resíduo</b>	3	0,02	0,01	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	0,17	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.52:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação de pH entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,15	0,15	24,23
<b>Resíduo</b>	3	0,01	0,00	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	0,16	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.53:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação de pH entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,19	0,19	29,73
<b>Resíduo</b>	3	0,01	0,00	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	0,20	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.54:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação de pH entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,20	0,20	31,73
<b>Resíduo</b>	3	0,00	0,00	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	0,20	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.55:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação de pH entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,19	0,19	30,25
<b>Resíduo</b>	3	0,02	0,01	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	0,21	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.56:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação de pH entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,21	0,21	33,72
<b>Resíduo</b>	3	0,02	0,00	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	0,23	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.57:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu \text{ S/cm}^2$ ) entre a amostra do solo e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	77,88	77,88	61,92
<b>Resíduo</b>	3	10,38	3,46	Fc>Ft
<b>Total</b>	4	88,26	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.58:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu \text{ S/cm}^2$ ) entre a amostra do solo e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	77,88	77,88	61,92
<b>Resíduo</b>	3	16,38	3,46	Fc>Ft
<b>Total</b>	4	88,26	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.59:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu \text{ S/cm}^2$ ) entre a amostra do dreno e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	51,16	51,16	63,03
<b>Resíduo</b>	3	4,41	1,47	Fc>Ft
<b>Total</b>	4	55,57	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.60:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu \text{ S/cm}^2$ ) entre a amostra do dreno e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	47,21	47,21	63,78
<b>Resíduo</b>	3	7,95	2,65	Fc>Ft
<b>Total</b>	4	55,16	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.61:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu \text{ S/cm}^2$ ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	169,48	169,48	121,10
<b>Resíduo</b>	3	71,27	23,76	$F_c > F_t$
<b>Total</b>	4	2110,75	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.62:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu \text{ S/cm}^2$ ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	157,73	157,73	149,20
<b>Resíduo</b>	3	50,31	16,77	$F_c > F_t$
<b>Total</b>	4	208,04	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.63:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu \text{ S/cm}^2$ ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	39,31	39,31	27,89
<b>Resíduo</b>	3	4,23	1,41	$F_c < F_t$
<b>Total</b>	4	43,54	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.64:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu \text{ S/cm}^2$ ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	46,71	46,71	29,24
<b>Resíduo</b>	3	3,88	1,23	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	50,59	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.65:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu \text{ S/cm}^2$ ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	51,07	51,07	30,26
<b>Resíduo</b>	3	4,61	1,54	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	55,68	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.66:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu \text{ S/cm}^2$ ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	58,24	58,24	33,10
<b>Resíduo</b>	3	4,20	1,40	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	62,44	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.67:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu\text{ S/cm}^2$ ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	48,95	48,95	28,10
<b>Resíduo</b>	3	0,30	0,10	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	49,25	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.68:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu\text{ S/cm}^2$ ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	46,96	46,96	27,63
<b>Resíduo</b>	3	1,03	0,34	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	47,99	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.69:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu\text{ S/cm}^2$ ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica lavada com água destilada e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	15,00	15,00	18,23
<b>Resíduo</b>	3	3,96	1,32	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	18,96	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.70:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da condutividade elétrica ( $\mu \text{ S/cm}^2$ ) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica lavada com água destilada e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	16,88	16,88	21,30
<b>Resíduo</b>	3	1,29	0,43	$F_c < F_t$
<b>Total</b>	4	18,17	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.71:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da DQO ( $\text{mg O}_2$ ) entre a amostra do solo e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	88381,39	88381,39	38,20
<b>Resíduo</b>	3	10450,20	3483,40	$F_c > F_t$
<b>Total</b>	4	98871,59	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.72:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da DQO ( $\text{mg O}_2$ ) entre a amostra do solo e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	27980,08	27980,08	38,20
<b>Resíduo</b>	3	249171,80	83057,27	$F_c > F_t$
<b>Total</b>	4	277151,88	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.73:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da DQO (mg O<sub>2</sub>) entre a amostra do dreno e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	67896,18	67896,18	36,87
<b>Resíduo</b>	3	6390,67	2796,89	Fc>Ft
<b>Total</b>	4	76286,85	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.74:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da DQO (mg O<sub>2</sub>) entre a amostra do dreno e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	79014,71	790147,71	39,40
<b>Resíduo</b>	3	101111,61	33703,87	Fc>Ft
<b>Total</b>	4	180126,31	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.75:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da DQO (mg O<sub>2</sub>) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	33,86	33,86	493,50
<b>Resíduo</b>	3	11,46	3,82	Fc>Ft
<b>Total</b>	4	45,32	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.76:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da DQO (mg O<sub>2</sub>) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,07	0,07	573,70
<b>Resíduo</b>	3	55,59	19,53	Fc>Ft
<b>Total</b>	4	55,66	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.77:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da DQO (mg O<sub>2</sub>) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	17,80	17,80	504,20
<b>Resíduo</b>	3	5,07	1,69	Fc>Ft
<b>Total</b>	4	22,87	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.78:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da DQO (mg O<sub>2</sub>) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	2,14	2,13	537,80
<b>Resíduo</b>	3	39,49	13,16	Fc>Ft
<b>Total</b>	4	41,63	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.79:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da DQO (mg O<sub>2</sub>) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	12,26	12,26	508,21
<b>Resíduo</b>	3	8,40	2,80	Fc>Ft
<b>Total</b>	4	20,66	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.80:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da DQO (mg O<sub>2</sub>) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	3,01	3,01	543,82
<b>Resíduo</b>	3	12,23	4,08	Fc>Ft
<b>Total</b>	4	15,24	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.81:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da DQO (mg O<sub>2</sub>) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	13,86	13,86	539,20
<b>Resíduo</b>	3	9,34	3,11	Fc>Ft
<b>Total</b>	4	20,20	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.82:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da DQO (mg O<sub>2</sub>) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,40	0,40	548,73
<b>Resíduo</b>	3	16,93	5,64	Fc>Ft
<b>Total</b>	4	17,33	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.83:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação do fósforo (mg P/L) entre a amostra do solo e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,0003	0,0003	140,21
<b>Resíduo</b>	3	0,0000	0,0000	Fc>Ft
<b>Total</b>	4	0,0003	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.84:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação do fósforo (mg P/L) entre a amostra do solo e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,0003	0,0003	140,21
<b>Resíduo</b>	3	0,0000	0,0000	Fc>Ft
<b>Total</b>	4	0,0003	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.85:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação do fósforo (mg P/L) entre a amostra do dreno e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>
<b>Regressão</b>	1	0,0003	0,0003	63,28
<b>Resíduo</b>	3	0,0000	0,0000	$F_c > F_t$
<b>Total</b>	4	0,0003	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.86:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação do fósforo (mg P/L) entre a amostra do dreno e a amostra testemunha, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>
<b>Regressão</b>	1	0,0002	0,0002	78,53
<b>Resíduo</b>	3	0,0000	0,0000	$F_c > F_t$
<b>Total</b>	4	0,0002	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.87:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação do fósforo (mg P/L) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>
<b>Regressão</b>	1	0,0002	0,0002	65,70
<b>Resíduo</b>	3	0,0000	0,0000	$F_c > F_t$
<b>Total</b>	4	0,0002	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.88:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação do fósforo (mg P/L) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,0002	0,0002	78,20
<b>Resíduo</b>	3	0,0000	0,0000	Fc>Ft
<b>Total</b>	4	0,0002	<b>SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.89:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação do fósforo (mg P/L) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,0002	0,0002	4,10
<b>Resíduo</b>	3	0,0000	0,0000	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	0,0002	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.90:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação do fósforo (mg P/L) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de diatomita e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,0003	0,0003	6,30
<b>Resíduo</b>	3	0,0000	0,0000	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	0,0003	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.91:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação do fósforo (mg P/L) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,0003	0,0003	3,03
<b>Resíduo</b>	3	0,0000	0,0000	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	0,0003	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.92:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação do fósforo (mg P/L) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de plástico sinterizado e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,0003	0,0003	3,94
<b>Resíduo</b>	3	0,0000	0,0000	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	0,0003	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.93:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação do fósforo (mg P/L) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,0003	0,0003	4,23
<b>Resíduo</b>	3	0,0000	0,0000	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	0,0003	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.94:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação do fósforo (mg P/L) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de polipropileno e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,0002	0,0002	6,95
<b>Resíduo</b>	3	0,0000	0,0000	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	0,0002	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.95:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da do fósforo (mg P/L) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica lavada com água destilada e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 24 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,0001	0,0001	9,16
<b>Resíduo</b>	3	0,0000	0,0000	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	0,0001	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	

**Tabela G.96:** Resultado da análise estatística comparando-se os resultados obtidos da determinação da do fósforo (mg P/L) entre as amostras coletadas no lisímetro de sucção confeccionado com cápsula porosa de cerâmica lavada com água destilada e a amostra do solo, no ensaio de campo - aspecto qualitativo e intervalo de 48 hs.

FV	GL	SQ	QM	F
<b>Regressão</b>	1	0,0002	0,0002	15,23
<b>Resíduo</b>	3	0,0000	0,0000	Fc<Ft
<b>Total</b>	4	0,0002	<b>NÃO SIGNIFICATIVO</b>	