

EDUARDO FERRI SOUTO

**IMPACTO DE PISCICULTURAS EM SISTEMA
SEMI-INTENSIVO SOBRE A QUALIDADE DE ÁGUA E
SEDIMENTOS NA REGIÃO DE VIÇOSA-MG**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de “Magister Scientiae”.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2003

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

S728i
2003

Souto, Eduardo Ferri, 1977-

Impacto de pisciculturas em sistema semi-intensivo sobre a qualidade de água e sedimentos na região de Viçosa-MG / Eduardo Ferri Souto. – Viçosa : UFV, 2003. 144p. : il.

Orientador: Eduardo de Sá Mendonça
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa

1. Química do solo. 2. Solos - Poluição. 3. Águas residuais no solo. 4. Água - Qualidade. 5. Peixe - Criação - Aspectos ambientais. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 19.ed. 631.41

CDD 20.ed. 631.41

EDUARDO FERRI SOUTO

**IMPACTO DE PISCICULTURAS EM SISTEMA
SEMI-INTENSIVO SOBRE A QUALIDADE DE ÁGUA E
SEDIMENTOS NA REGIÃO DE VIÇOSA-MG**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de “Magister Scientiae”.

APROVADA EM: 09 de maio de 2003.

Ana Lúcia Salaro
(Conselheira)

Ivo Jucksch
(Conselheiro)

Walter Yoshizo Okano

Jener Alexandre Sampaio Zuanon

Eduardo de Sá Mendonça
(Orientador)

A Deus, pela graça da vida e encanto de sua companhia.

Aos meus pais, *Guilherme e Carmem Dolores*, pelo amor, carinho e apoio que nunca me faltaram.

Aos meus irmãos, *Marcela e Rodrigo*, pelo incentivo e ajuda.

À *Alessandra*, pelos meus melhores momentos em Viçosa.

A todos que me ajudaram direta e indiretamente a vencer mais uma etapa de minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado forças para enfrentar e vencer todos os meus desafios.

Aos meus pais, Guilherme e Carmem Dolores, que estiveram sempre ao meu lado nos melhores e piores momentos da minha vida, me incentivando e me dando a coragem para enfrentar cada obstáculo e me ajudando a subir cada degrau da minha vida.

Aos meus irmãos, Marcela e Rodrigo, e ao meu cunhado Peninha, que estiveram, mesmo que a distância, me incentivando em cada momento de minha vida.

À Alessandra, minha namorada, por toda a paciência que teve comigo em todos os momentos de dificuldade, e ao amor, carinho e companheirismo que me fizeram tão felizes nesses últimos anos em Viçosa.

À família Cardoso Silva Castro, em especial a Raimundo Nonato e Ana Dalva, que me acolheram como um filho em seus lares, e me ajudaram a diminuir a saudade de casa.

Aos amigos de República, Gaúcho, Cabral, Rui, Glauco, Chico, Teco, Ju, Fê e Chris, pelos momentos de convivência que me ajudaram a crescer muito.

Aos agregados da República, Carla, Zé Coco, Tomás, Bindão, Chivas Carol e Graziela por estarem sempre dividindo conosco as festas e momentos divertidos da casa.

À minha mãe em Viçosa, Dona Martha e ao seu filho Ignácio, por todo o carinho que sempre tiveram comigo durante todos esses anos.

Aos meus estagiários, Guilherme, Pacheco, Daniel e Glauco, que juntamente com meus amigos de República e minha namorada, ajudaram a colocar em prática todo esse trabalho, sempre me auxiliando durante as coletas e no laboratório.

Ao Brás, laboratorista da UFV, que sempre esteve disposto a me ajudar e ensinar “os macetes” das análises.

Ao meu orientador, Eduardo de Sá Mendonça, pela amizade e confiança nos momentos mais decisivos deste trabalho e por ter realmente cumprido o papel de orientação, sempre estando ao meu lado durante toda a pesquisa.

À minha conselheira, Ana Lúcia Salaro, pela amizade de anos, conquistada ainda na graduação, e pela paciência, sempre me aconselhando em todos os meus projetos e tendo influência direta em minha vida acadêmica.

Ao meu conselheiro, Ivo Jucksch, que esteve sempre do meu lado me auxiliando nas coletas e pelas críticas e sugestões ao trabalho.

Aos professores Dr. Walter Yoshizo Okano e Dr. Jener Alexandre Sampaio Zuanon, por todas as críticas e sugestões que permitiram aperfeiçoar esse trabalho.

Ao Departamento de Solos pela confiança em mim depositada, em um projeto fora dos padrões normais do departamento.

A todos os professores que direta ou indiretamente influenciaram na minha formação acadêmica.

A EMATER, que foi tão prestativa nas informações necessárias ao início desse projeto.

A CAPES, pela bolsa de Mestrado, sem a qual não seria possível me manter em Viçosa.

Por fim, a todos que não foram citados, nominalmente, mas que contribuíram para que o meu objetivo fosse alcançado.

BIOGRAFIA

EDUARDO FERRI SOUTO, filho de Guilherme Moreira Souto e Carmem Dolores Ferri Souto, nasceu em Vitória no Estado do Espírito Santo, no dia 17 de abril de 1977.

Em 1995, iniciou o Curso de Agronomia, na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, graduando-se em outubro de 2000. Durante a graduação, foi bolsista de iniciação científica do CNPq, no Departamento de Biologia Animal.

Em abril de 2001, iniciou o Programa de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas, na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa de dissertação em 09 de maio de 2003.

Conteúdo

	Página
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE QUADROS	ix
LISTA DE FIGURAS	xi
RESUMO	xvi
ABSTRACT	xvii
1. INTRODUÇÃO	01
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	05
CAPÍTULO 01 – POTENCIAL DE APORTE DE SOLOS E NUTRIENTES EM TANQUES DE CRIAÇÃO DE PEIXES	
RESUMO	07
ABSTRACT	08
1. INTRODUÇÃO	09
2. MATERIAL E MÉTODOS	12
2.1 AS PROPRIEDADES	13
2.1.1 PROPRIEDADE 01	13
2.1.2 PROPRIEDADE 02	15
2.2 COLETA DAS AMOSTRAS	17
2.3 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS	17
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
3.1 PROPRIEDADE 01	21
3.2 PROPRIEDADE 02	27
4. CONCLUSÃO	34
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	35

CAPÍTULO 02 – QUALIDADE DA ÁGUA NA PISCICULTURA

RESUMO	39
ABSTRACT	40
1. INTRODUÇÃO	41
2. MATERIAL E MÉTODOS	43
2.1 PONTOS DE COLETA	43
2.1.1 PROPRIEDADE 01	44
2.1.2 PROPRIEDADE 02	44
2.2 COLETA DAS AMOSTRAS	45
2.3 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS	48
2.3.1 FÍSICAS	48
2.3.2 QUÍMICAS	49
2.3.3 BIOLÓGICA	49
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	50
3.1.1 PROPRIEDADE 01	50
3.1.2 PROPRIEDADE 02	56
3.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E BIOLÓGICAS	61
3.2.1 PROPRIEDADE 01	61
3.2.2 PROPRIEDADE 02	74
4. CONCLUSÃO	91
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	92

CAPÍTULO 03 – OS SEDIMENTOS NA PISCICULTURA

RESUMO	97
ABSTRACT	98
1. INTRODUÇÃO	99

	Página
2. MATERIAL E MÉTODOS	101
2.1 COLETA DAS AMOSTRAS	101
2.2 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS	104
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	106
3.1 PROPRIEDADE 01	106
3.2 PROPRIEDADE 02	111
4. CONCLUSÃO	121
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	122
CONSIDERAÇÕES FINAIS	124
ANEXO	126

LISTA DE TABELAS

	Página
Capítulo 01	
01 COMPOSIÇÃO DA RAÇÃO EXTRUSADA FORNECIDA AOS PEIXES NA PROPRIEDADE 01	14
02 COMPOSIÇÃO DA RAÇÃO EXTRUSADA FORNECIDA AOS PEIXES NA PROPRIEDADE 02	16

LISTA DE QUADROS

	Página
Capítulo 01	
01 Descrição do perfil dos tanques analisados e a porcentagem de cobertura de vegetação em cada perfil na PROPRIEDADE 01	22
02 Propriedades físicas dos solos da PROPRIEDADE 01	23
03 Valores de densidade, pH e carbono orgânico dos solos da PROPRIEDADE 01. Média de três repetições	24
04 Classes de interpretação de alguns elementos químicos	24
05 Propriedades químicas dos solos da PROPRIEDADE 01	26
06 Valores de metais pesados nos solos da PROPRIEDADE 01. Médias de três repetições	27
07 Descrição do perfil dos tanques analisados e a porcentagem de cobertura de vegetação em cada perfil na PROPRIEDADE 02 ÁREA A	28
08 Descrição do perfil dos tanques analisados e a porcentagem de cobertura de vegetação em cada perfil na PROPRIEDADE 02 ÁREA B	29
09 Propriedades físicas dos solos da PROPRIEDADE 02	30
10 Valores de condutividade hidráulica dos solos da PROPRIEDADE 02. Médias de três repetições	30
11 Valores de pH, carbono orgânico e densidade dos solos da PROPRIEDADE 02. Média de três repetições	31
12 Propriedades químicas dos solos da PROPRIEDADE 02	32
13 Valores de metais pesados nos solos da PROPRIEDADE 02. Médias de três repetições	33

Capítulo 02

01	Valores de temperatura, transparência, turbidez e sólido total em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 01. Médias de 3 repetições	53
02	Valores de temperatura, transparência, turbidez e sólido total em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 02, ÁREA A. Médias de 3 repetições	59
03	Valores de temperatura, transparência, turbidez e sólido total em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 02, ÁREA B. Médias de 3 repetições	60
04	Valores de oxigênio dissolvido, pH, DBO e DQO, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 01. Médias de 3 repetições	67
05	Valores de condutividade, amônia e ferro, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 01. Médias de 3 repetições	70
06	Valores de fósforo, magnésio, cálcio e potássio, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 01. Médias de 3 repetições	72
07	Valores de manganês e zinco, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 01. Médias de 3 repetições	74
08	Valores de oxigênio dissolvido, pH, DBO e DQO, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 02, ÁREA A. Médias de 3 repetições	82
09	Valores de oxigênio dissolvido, pH, DBO e DQO, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 02, ÁREA B. Médias de 3 repetições	83
10	Valores de condutividade, amônia e ferro, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 02, ÁREA A. Médias de 3 repetições .	85

	Página
11 Valores de condutividade, amônia e ferro, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 02, ÁREA B. Médias de 3 repetições .	85
12 Valores de fósforo, magnésio, cálcio e potássio, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 02, ÁREA A. Médias de 3 repetições .	87
13 Valores de fósforo, magnésio, cálcio e potássio, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 02, ÁREA B. Médias de 3 repetições .	88
14 Valores de manganês e zinco, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 02, ÁREA A. Médias de 3 repetições	90
15 Valores de manganês e zinco, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 02, ÁREA B. Médias de 3 repetições	90

LISTA DE FIGURAS

	Página
Capítulo 01	
01 Pontos de coleta de solo da PROPRIEDADE 01	18
02 Pontos de coleta de água da PROPRIEDADE 02, ÁREA A	19
03 Pontos de coleta de solo da PROPRIEDADE 02, ÁREA B	20
Capítulo 02	
01 Pontos de coleta de água da PROPRIEDADE 01	46
02 Pontos de coleta de água da PROPRIEDADE 02, ÁREA A	47
03 Pontos de coleta de água da PROPRIEDADE 02, ÁREA B	48

	Página
04 Valores de temperatura, transparência e turbidez, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 01. Médias de 3 repetições	51
05 Valores de sólido total, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 01. Médias de 3 repetições	52
06 Valores de temperatura, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 02, ÁREA A e ÁREA B. Médias de 3 repetições	56
07 Valores de transparência, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 02, ÁREA A e ÁREA B. Médias de 3 repetições	57
08 Valores de turbidez, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 02, ÁREA A e ÁREA B. Médias de 3 repetições	58
09 Valores de sólido total, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 02, ÁREA A e ÁREA B. Médias de 3 repetições	59
10 Valores de oxigênio, pH e DBO, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 01. Médias de 3 repetições	63
11 Valores de DQO, condutividade elétrica, NH^{3+} e P, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 01. Médias de 3 repetições	65
12 Valores de oxigênio dissolvido, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 02, ÁREA A e ÁREA B. Médias de 3 repetições	75
13 Valores de pH, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 02, ÁREA A e ÁREA B. Médias de 3 repetições	76

14	Valores de DBO, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 02, ÁREA A e ÁREA B. Médias de 3 repetições	77
15	Valores de DQO, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 02, ÁREA A e ÁREA B. Médias de 3 repetições	78
16	Valores de condutividade elétrica, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 02, ÁREA A e ÁREA B. Médias de 3 repetições	79
17	Valores de amônia, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 02, ÁREA A e ÁREA B. Médias de 3 repetições	80
18	Valores de fósforo, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 02, ÁREA A e ÁREA B. Médias de 3 repetições	81

Capítulo 03

01	Pontos de coleta de sedimentos da PROPRIEDADE 01	102
02	Pontos de coleta de sedimentos da PROPRIEDADE 02, ÁREA A	103
03	Pontos de coleta de sedimentos da PROPRIEDADE 02, ÁREA B	104
04	Valores de carbono orgânico, pH e potássio, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 01. Médias de 3 repetições	107
05	Valores de fósforo, cálcio e magnésio, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 01. Médias de 3 repetições	108
06	Valores de carbono orgânico, cálcio e magnésio, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 01. Médias de 3 repetições	110

	Página
07 Valores de pH, fósforo, potássio e ferro, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 01. Médias de 3 repetições	110
08 Valores de zinco, manganês e cobre, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 01. Médias de 3 repetições	111
09 Valores de carbono orgânico, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 02, ÁREA A e ÁREA B. Médias de 3 repetições	112
10 Valores de pH, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 02, ÁREA A e ÁREA B. Médias de 3 repetições	113
11 Valores de potássio, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 02, ÁREA A e ÁREA B. Médias de 3 repetições	114
12 Valores de fósforo, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 02, ÁREA A e ÁREA B. Médias de 3 repetições	115
13 Valores de cálcio, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 02, ÁREA A e ÁREA B. Médias de 3 repetições	116
14 Valores de magnésio, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 02, ÁREA A e ÁREA B. Médias de 3 repetições	117
15 Valores de carbono orgânico, cálcio e magnésio, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 02, ÁREA A. Médias de 3 repetições	117

	Página
16 Valores de carbono orgânico, cálcio e magnésio, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 02, ÁREA B. Médias de 3 repetições	118
17 Valores de pH, fósforo, potássio e ferro, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 02, ÁREA A. Médias de 3 repetições	118
18 Valores de pH, fósforo, potássio e ferro, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 02, ÁREA B. Médias de 3 repetições	119
19 Valores de zinco, manganês e cobre, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 02, ÁREA A. Médias de 3 repetições	120
20 Valores de zinco, manganês e cobre, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 02, ÁREA B. Médias de 3 repetições	120

RESUMO

SOUTO., Eduardo Ferri, M.S., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2003.

Impacto de pisciculturas em sistema semi-intensivo sobre a qualidade de água e sedimentos na região de Viçosa-MG. Orientador: Eduardo de Sá Mendonça. Conselheiros: Ana Lúcia Salaro e Ivo Jucksch.

O presente trabalho teve como objetivo geral, avaliar os impactos causados pela atividade piscícola da região de Viçosa-MG, por meio de análises da qualidade da água e do sedimento, e do potencial de erosão do solo. Foram escolhidas duas propriedades representativas da Região, e durante o período de dezembro de 2001 a abril de 2002, foram coletadas amostras de água e sedimentos de tanques de piscicultura para avaliar o impacto da atividade piscícola sobre as características físicas, químicas e biológicas da água e o impacto da criação de peixes sobre as características químicas de sedimentos. Durante esse mesmo período, foram coletadas amostras de solo ao redor dos tanques analisados para avaliação do potencial de aporte de nutrientes e/ou metais pesados, utilizados em outras atividades agrícolas, para dentro do sistema de criação de peixes. Os resultados encontrados nas análises de água e sedimentos foram submetidos a análise de regressão, chegando-se a conclusão que as criações de peixes estão provocando impacto negativo sobre a qualidade da água e que houve acúmulo de elementos químicos nos sedimentos quando comparado com os teores encontrados na água e no solo que circunda os tanques. Em relação a esses solos, os tanques apresentaram um potencial de aporte de nutrientes baixo.

ABSTRACT

SOUTO., Eduardo Ferri, M.S., Universidade Federal de Viçosa, May 2003.
Piscicultures impact in semi-intensive system on the quality of water and sediments in the region of Viçosa-MG. Adviser: Eduardo de Sá Mendonça. Committee members: Ana Lúcia Salaro and Ivo Jucksch.

The current work had as general purpose, evaluate the impact motivated by the Viçosa – MG region pisciculture activity, through water quality analysis and sediment, and the soil erosion potential. Two representative region properties had been chosen and from december – 2001 until april – 2002, water and sediment were sampled from pisciculture tanks in order to evaluate the pisciculture activity impact on physical, chemical and biological properties of the water and the impact from fish breeding over sediment chemical properties. During the same period, soil samples were collected on the analyzed tanks surroundings in order to evaluate the nutrient and/or heavy metal activity potential, used in other agricultural, toward the fish breeding system. The water and sediments analysis found results were submitted to receding analysis, concluding that fish breeding are provoking negative impact over water quality and that there was chemical elements accumulation on the sediments when compared to the taxes found on the tanks surrounding water and soil. With regard to these soils, the tanks showed a low nutrient potential.

1. INTRODUÇÃO

O aumento do conhecimento da deterioração de ambientes aquáticos e a necessidade de ação para sua recuperação e preservação, têm feito com que pesquisadores e produtores de peixes tentem adotar um desenvolvimento sustentável com sistemas de cultivo e manejos adequados à manutenção da qualidade da água, permitindo assim, o sucesso da atividade.

As atividades agrícolas têm, em muitos casos, contribuído para a degradação das características dos ecossistemas aquáticos, quando da utilização de fertilizantes químicos e agrotóxicos sem um controle adequado. Nesse quadro, a piscicultura também é uma atividade potencialmente causadora de degradação, principalmente se praticada sem o devido controle.

Segundo ESTEVES (1988), a degradação ambiental dos corpos d'água tem se manifestado basicamente de duas maneiras: por meio da introdução de substâncias tóxicas nas águas subterrâneas e pelo fenômeno da eutrofização artificial, que além de provocar a redução da qualidade da água, produz alterações no metabolismo de todos os organismos do ecossistema.

O controle da qualidade da água assume papel importante na implantação e manutenção do cultivo de peixes e na preservação dos recursos hídricos (AYROZA et al., 2000). Para a piscicultura, é fundamental conhecer as propriedades físicas, químicas e biológicas dentro dos ambientes de criação,

uma vez que esses são fatores limitantes da produção e dão subsídios para o conhecimento das interações entre peixes, ambiente de criação e agentes patogênicos (CECCARELLI et al., 2000). O aspecto mais agravante é o comprometimento dos efluentes da piscigranja, o que pode acarretar em aumento no custo de produção, uma vez que o custo dos tratamentos desses efluentes é elevado (KUBITZA, 1995).

Segundo PILAY (1992), os principais impactos ambientais causados pela aquicultura são os conflitos com os usos do curso d'água; a hipernutrição e eutrofização; a sedimentação e obstrução dos fluxos de água; poluição por resíduos químicos empregados nas diferentes fases de cultivo e a descarga dos efluentes de viveiros de cultivo. Porém, diversas estratégias têm sido desenvolvidas para evitar e/ou minimizar esses impactos ambientais, tais como: determinação da capacidade suporte do ambiente; estabelecimento de critérios de seleção de área; avaliação de usos conflitantes como agricultura, habitação, abastecimento de água; e melhoria nas técnicas de aquicultura (ROSSENTHAL, 1994).

Juntamente com o desenvolvimento da atividade aquícola, a conscientização dos problemas ambientais que tais atividades provocam, vem aumentando cada vez mais, o que justifica completamente a atenção que se tem despendido para todas as características que nos ajudam a compreender a qualidade da água dentro do processo produtivo (PÁDUA, 2002).

Várias alternativas bem sucedidas para o tratamento de efluente da piscicultura já foram testadas, como: desviar a água para lagoas aeradas de decantação; aproveitar o efluente na irrigação de canteiros agrícolas; passar a água residual através de canteiros com macrófitas aquáticas; e utilizar lagoas de estabilização (ZANIBONI FILHO, 1997).

Segundo BOYD (1990), o impacto dos efluentes da piscicultura sobre os corpos de água receptores, depende da diferença da concentração dos parâmetros de qualidade entre a água dos tanques e a água do riacho. A

proporção de água originária do tanque e do riacho também influi nesse impacto ao ambiente.

Ainda nesse contexto, sendo a poluição resultado das ações do homem sobre o meio ambiente, ela precisa ser de alguma maneira medida e controlada. Os impactos ambientais podem ser diretos ou indiretos, podendo se manifestar a curto ou a longo prazo, ser de curta ou longa duração, ser reversíveis ou irreversíveis e/ou de natureza cumulativa, podendo ser encarados como parte de uma relação de causa e efeito, sendo resultado da diferença entre as condições ambientais que existem antes da implantação de um projeto e as implicações que esse projeto proporciona após implantado. Além disso, podem acarretar alterações no sistema cultural e sócio-econômico (DIEFFY, 1975; CANTER, 1977; ROVERE, 1996).

A importância e a necessidade de maiores investigações sobre os impactos causados pela atividade piscícola sobre a qualidade de água e de sedimentos, assim como a determinação do potencial de aporte de nutrientes nos viveiros objetivaram a realização dessa pesquisa que está apresentada nos Capítulos 01, 02 e 03, da presente dissertação:

Capítulo 01, denominado POTENCIAL DE APORTE DE SOLO E NUTRIENTES EM TANQUES DE CRIAÇÃO DE PEIXES, objetivou avaliar os solos que circundam os tanques de piscicultura por meio do potencial de aporte de nutrientes e/ou metais pesados, utilizados em outras atividades agrícolas, para dentro do sistema de criação de peixes.

Capítulo 02, denominado QUALIDADE DA ÁGUA NA PISCICULTURA, teve como objetivo, avaliar as alterações das características físicas, químicas e biológicas da água, causada pela atividade piscícola.

Capítulo 03, denominado OS SEDIMENTO NA PISCICULTURA, objetivou avaliar o impacto da criação de peixes sobre as características químicas de sedimentos superficiais.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- AYROZA, L.M.S.; SPINOSA, W.A.; SOARES, M.S.JR.; REZENDE, D.M.M.; SIMÕES, F.S.; CALIARI, M.; SANTOS, V.JR. Caracterização de Alguns Parâmetros Limnológicos de Viveiros de Criação de Tilápia no Vale do Paranapanema. *Tilapia Aquaculture – in the 21 th Century – Proceedings from the Fifth International Symposium of Tilapia Aquaculture*. Volume 01. p. 270-278. 2000.
- BOYD, C.E. *Water quality in ponds for aquaculture*. Auburn University, Alabama, 482 p. 1990.
- CANTER (?) 1977. <<http://sites.uol.com.br/ivairr/impacto.htm>>
- CECCARELLI, P.S.; SENHORINI, J.A.; VOLPATO, G.L. *Dicas em piscicultura; perguntas e respostas*. Botucatu: Santa Gráfica Editora, 247 p. 2000.
- DIEFFY, (?) 1975. <<http://sites.uol.com.br/ivairr/impacto.htm>>
- ESTEVES, F.de A. *Fundamentos de Limnologia*, Rio de Janeiro, Interciência, FINEP, 575 p., 1988.
- KUBITZA, F. *Preparo de Rações e Estratégias de Alimentação no Cultivo Intensivo de Peixes Carnívoros*. In: *Anais do Simpósio Internacional sobre Nutrição de Peixes e Crustáceos*. Campos do Jordão. p. 91-109, 1995.
- PÁDUA, H.B. <http://www.ccinet.com.br/tucunare/demanda.htm> “Qualidade da Água na Aqüicultura”. Acessado dia 20/06/2002, 2002.
- PILAY, Z.T.V.R. *Aquaculture and the environmental*. Wiley & Sons, Inc. New York. 189 p., 1992.

ROSSENTHAL, H. Aquaculture and the environment. *World Aquaculture*, 25 (2): 4-11. 1994.

ROVERE, E. L. La. Meio Ambiente: Aspectos Técnicos e Econômicos. 2º Ed.. Brasília, 238 p., 1996.

ZANIBONI FILHO, E.; BARBOSA, N.D.C.; Gonçalves, S.M.R. Caracterização e tratamento do efluente das estações de piscicultura. *Rev. Unimar*, 19(2): 537-548. 1997.

Capítulo 01

Potencial de Aporte de Solo e Nutrientes em Tanques de Criação de Peixes

SOUTO, Eduardo Ferri. Potencial de Aporte de Solo e Nutrientes em Tanques de Criação de Peixes. Viçosa: UFV, 2003. 161 p. (Dissertação, Mestrado em Ciências do Solo).

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar os solos que circundam os tanques de piscicultura, por meio do potencial de aporte de nutrientes e/ou metais pesados, utilizados em outras atividades agrícolas, para dentro do sistema de criação de peixes. Os solos que circundam os tanques foram coletados e algumas características físicas e químicas foram analisadas para avaliar o seu potencial de erosão e qual material poderia estar entrando nos viveiros de criação de peixes. Foi realizada uma avaliação da cobertura vegetal desses solos para avaliar a predisposição dos mesmos a erosão. De maneira geral, as duas propriedades analisadas apresentaram potencial de aporte de nutrientes baixo, ou em função da boa cobertura vegetal ou pelo relevo que o sistema de criação de peixes está inserido. Os maiores potenciais de erosão, que poderiam ser encontrados nos locais onde há maior proximidade dos tanques de peixes com outra atividade, como plantação de milho e criação de bovinos, nos quais a cobertura vegetal era precária, foram minimizados pelo relevo pouco acidentado dessas áreas. Somado a isso, as concentrações de elementos químicos encontrados nos solos puderam ser consideradas na grande maioria das vezes baixa, porém a quantidade de metais pesados encontrados no solo pode vir a ser um problema ambiental futuro.

The Potential of Soil and Nutrients Capacity Release in Fish Breeding Tanks

SOUTO, Eduardo Ferri. The Potencial of Soil and Nutrients Capacity Release in Fish Breeding Tanks. Viçosa: UFV, 2003. 161 p. (Dissertation, Master Science in Soil Sciences).

ABSTRACT

The present work aims to evaluate the fish tanks surrounding soils through the potential of their capacity to release nutrients and/or heavy metals used in other agricultural activities to the inside of the tanks. Samples of the surrounding tank soils were collected and some chemistry and physics characteristics were analysed in order to evaluate their erosion potential and to check what material could be entering the fish tanks. A vegetal cover (layer?) evaluation of these soils was made in order to evaluate their predisposition to erosion. Generally speaking, both analysed properties showed low capacity of liberating nutrients, either because of good vegetal cover (layer?) or because of the relief in which the tanks are. The relief of these little accidental areas minimized the largest erosion potentials, which could be found in places where there is closer contact of the fish tanks with other activities, such as corn crop and cattle rising, in which the vegetal cover (layer?) was precarious. Moreover, the concentrations of the chemistry elements found in the soils were considered low, though the amount of heavy metal found in the soil might become an environmental problem in the future.

1. INTRODUÇÃO

Apesar de toda a importância que os solos têm para a sobrevivência da espécie humana, dos vegetais e dos animais na superfície da Terra, os esforços que a sociedade tem feito para preservação desse recurso estão aquém do ideal (GUERRA e CUNHA, 1998). O solo é um recurso que o homem utiliza, sem se preocupar com o período necessário para sua recuperação, acreditando que esse recurso vai durar para sempre, e quando chega a investir nele, poucas vezes são para conservá-lo, e sim para obter maiores colheitas (WILD, 1993).

A agricultura quando não programada, acaba por romper o equilíbrio do sistema Solo-Água-Planta-Atmosfera, o que pode causar diversos problemas, como a erosão, que está causando sérias preocupações aos pesquisadores, uma vez que afeta diretamente a fonte produtora de alimentos (ASSIS, 1980).

No sentido agrícola, o processo erosivo é a degradação do solo sob a ação de agentes meteorológicos, particularmente a chuva e o vento (CERQUEIRA, 1986). Para ELLISON (1948) e MEYER & MONKE (1965), a chuva constitui-se no principal agente na erosão do solo pela ação da água. HIGGITT (1991) define erosão como sendo a remoção do solo acima de um nível considerado aceitável, e a sua maior ou menor incidência depende dos fatores sócio-econômicos e dos processos biofísicos. Já ELLISON (1946),

define a erosão como um processo de desagregação e posterior transporte dos materiais do solo, realizados por diferentes agentes erosivos.

Segundo BERTONI et al. (1972) a erosão é consequência da combinação de todas as relações das variáveis de cobertura vegetal e manejo do solo. Para ASSIS (1980), juntam-se a essas variáveis o fator chuva, o comprimento do declive e as práticas conservacionistas utilizadas pelos produtores. A tolerância de perdas de solos é dependente das propriedades do solo, de sua profundidade, do relevo e da erosão antecedente (BERTONI et al., 1975), e cada solo apresenta um grau diferente de susceptibilidade a essa erosão. Segundo WISCHMEIER & SMITH (1965), os diferentes graus de susceptibilidade de cada solo a erosão devem-se às variações nas suas propriedades físicas e químicas, e são determinados pelas propriedades que influenciam a velocidade de infiltração da água no solo. Várias propriedades podem afetar a erosão dos solos, como: a textura, a densidade, a porosidade, o teor de matéria orgânica, o teor e a estabilidade de agregados e o pH do solo (GUERRA e CUNHA, 1998). Porém, é preciso relacionar todas essas propriedades a um determinado período de tempo, pois elas podem evoluir, transformando alguns solos mais susceptíveis ou menos resistentes aos processos erosivos (LAL, 1981; MORGAN et al., 1987; GOVERS e POESEN, 1988; DICKINSON et al., 1990).

A importância da textura no processo erosivo é que algumas frações granulométricas são mais facilmente removidas que as outras. Segundo FARMER (1973), a remoção de sedimentos é alta na fração areia média e diminui nas partículas maiores e menores. Estudos de BRYAN (1974) corroboram com os de FARMER (1973) e de POESEN (1981), pois indicam que há correlação do teor de areia dos sedimentos com a perda de solo. Porém o teor de silte também afeta a susceptibilidade do solo à erosão, o que foi demonstrado em vários trabalhos, como os apresentados por: WISCHMEIER e MANNERING (1969), DE PLOEY (1985), EVANS (1990), MUTTER e BURNHAM (1990) e GUERRA (1991a, 1991b) onde se observou que quanto

maior o teor de silte, maior a susceptibilidade dos solos à erosão. Já as argilas, por outro lado, podem muitas vezes dificultar a infiltração, pois são mais difíceis de serem removidas, principalmente quando estão na forma de agregados.

A densidade dos solos é outro fator controlador que deve ser levado em consideração quando se quer compreender os processos erosivos, uma vez que se refere à maior ou menor compactação dos solos. Vários pesquisadores têm medido a densidade do solo em seus trabalhos (DE PLOEY, 1981; VORONEY et al., 1981; BOARDMAN, 1983).

Segundo BERTONI e LOMBARDI NETO (1990), um dos grandes problemas é que quando a erosão ocorre em terras cultivadas, o solo erodido vem acompanhado dos nutrientes presentes nas suas camadas superiores: do nitrogênio (mais solúvel), e do fósforo (adsorvido pelas partículas mais finas do solo), que são as mais arrastadas pela enxurrada. A poluição dos corpos d'água é ainda mais comprometida pelos transportes dessas partículas de terra, não só pelas partículas sólidas, mas também pela presença de agrotóxicos, muitas vezes levando ao desencadeamento de uma ação nociva ao meio, interferindo na fauna e na flora aquática, podendo ainda levar ao extermínio de outras espécies de seres vivos ou chegar a comprometer a saúde humana.

Essa pesquisa teve como objetivo avaliar os solos que circundam os tanques de piscicultura por meio do potencial de aporte de nutrientes e/ou metais pesados, utilizados em outras atividades agrícolas, para dentro do sistema de criação de peixes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Esse projeto foi desenvolvido na Região de Viçosa, Minas Gerais, em duas pisciculturas.

A escolha das pisciculturas foi realizada em função da quantidade de tanques disponíveis, densidade dos peixes e principalmente o tipo de alimento utilizado, ou seja, o sistema de cultivo e o manejo alimentar adotado pelos proprietários. Dessa forma, foram realizados o levantamento e o diagnóstico das pisciculturas da Região de Viçosa, junto a EMATER (Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural), considerando essas características, e após visitas de reconhecimento das propriedades, foram escolhidas as propriedades que mais representavam as características da Região. As duas propriedades foram denominadas nesse estudo de PROPRIEDADE 01 e PROPRIEDADE 02. Elas são consideradas exemplos típicos da maioria das pisciculturas instaladas no Estado de Minas Gerais, onde os produtores trabalham em sistema semi-intensivo de produção.

2.1 AS PROPRIEDADES

2.1.1 PROPRIEDADE 01

A PROPRIEDADE 01 apresenta uma área de 54 hectares, com aproximadamente três hectares de lâmina d'água destinados à piscicultura, divididos em 11 tanques de tamanhos e formatos diversos. A atividade da piscicultura teve o seu início nessa propriedade há 20 anos, sem qualquer tipo de apoio técnico, e está inserida dentro de um “fundo de vale”, com relevo levemente acidentado ao seu redor. A vegetação ao redor da piscicultura é formada principalmente por pasto para gado e por café e banana. Durante esses anos, não houve assistência especializada para acompanhamento das características físico-químicas e biológicas da água.

O manejo alimentar dos peixes é realizado utilizando-se 50% de mistura de farelos de soja e milho, nas proporções de 40% e 60%, respectivamente, e 50% de ração extrusada (contendo 28% de proteína bruta). A composição da ração extrusada está descrita na Tabela 01. Todos esses alimentos são disponibilizados ao mesmo tempo para os peixes. Os farelos, antes de serem oferecidos aos peixes, ficam dentro de uma caixa de cimento amianto, fechada, por 24 horas, com umidade, para fermentar. Nos tanques contendo exemplares de tambacu (*C. macropomum* x *P. mesopotamicus*) e de piauí (*Leporinus fasciatus*) com pesos acima de 500 gramas, também é oferecido milho hidratado, substituindo em 20% da ração extrusada. Segundo o proprietário, o principal motivo desse manejo alimentar baseia-se no custo da ração extrusada, a qual é considerada muito cara pelo proprietário.

O alimento é oferecido diariamente, na base de 1,5% da biomassa total de peixes do tanque, valor esse corrigido diariamente por meio de observações da chegada dos peixes ao alimento e com entradas periódicas nos tanques

pelos funcionários para verificação de sobras de milho. A alimentação dos peixes é feita de segunda à sexta, em uma única vez.

Tabela 01 - Composição da ração extrusada fornecida aos peixes na PROPRIEDADE 01*

Componentes	Quantidade
Fibra máx. (%)	7,0
Cinzas máx. (%)	10,0
Cálcio máx. (%)	2,0
Fósforo min. (%)	0,6
Manganês (mg)	15,0
Zinco (mg)	70,0
Ferro (mg)	55,0
Cobre (mg)	8,0
Cobalto (mg)	0,1

*Dados do fabricante da ração

A água que abastece a piscicultura é de nascente, entretanto, apenas o primeiro tanque recebe a água diretamente da nascente. Os demais tanques têm comunicação entre si, portanto, o último tanque recebe toda a água dos demais, e despeja a mesma para o riacho que passa pela propriedade.

A despesca dos peixes é de acordo com a demanda da Região, servindo a pesque-pagues ou produtores que fazem engorda dos peixes. Nessa ocasião, os tanques são totalmente esvaziados e quando necessário, faz-se calagem (100g/m²), fosfatagem (30g SS/m²) ou adubação com cama de frango (correspondente ao volume de 1 saco de 50 kg de ração contendo cama de frango), sendo todos eles distribuídos a lanço nas paredes dos tanques. A adubação com cama de frango é uma prática comum nessa propriedade em tanques que o produtor considera apresentar água “muito clara”. Entre as safras, os tanques são esvaziados e tratados com cal virgem, para novo processo de produção. Os peixes cultivados nessa propriedade, durante o

período de coleta, foram: alevinos de carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*) (80%) e lambari (*Astyanax* spp.) (20%) no Tanque 01; tambaqui (*Colossoma macropomum*) no Tanque Intermediário e piaui (*Leporinus fasciatus*) no Último Tanque.

2.1.2 PROPRIEDADE 02

A PROPRIEDADE 02 apresenta área de 186 hectares, com cerca de 7,8 hectares de lâmina d'água destinados à piscicultura, divididos em 27 tanques de tamanhos e formatos diversos. A atividade da piscicultura nessa propriedade, teve início em fevereiro de 1998, com apoio técnico de instituições que prestam serviços de extensão rural na Região, e está inserida dentro de um “fundo de vale”, com relevo levemente acidentado ao seu redor. A vegetação ao redor da piscicultura é formada por mata nativa na parte superior do vale e no restante da área, pasto para gado, além de plantações de milho e cana-de-açúcar. Durante esses anos, não houve acompanhamento das características físico-químicas e biológicas da água.

O manejo alimentar é realizado utilizando-se ração extrusada (contendo 28% e 32% de PB), sendo oferecido diariamente, na base de 2 a 3 % da biomassa total de peixes do tanque. A ração é oferecida 2 a 3 vezes ao dia, de segunda a sábado. Aos domingos, apenas os animais jovens são alimentados. A composição das rações extrusadas está descrita na Tabela 02.

A água que é utilizada na piscicultura vem diretamente da nascente, entra no primeiro tanque, passa pelo segundo, e assim sucessivamente, até ser despejada no riacho, sem que haja nenhum tratamento prévio. Devido ao manejo das nascentes de água, essa propriedade foi dividida, para facilitar o trabalho de coleta, em “ÁREA A e ÁREA B”.

A despesca dos peixes é feita esvaziando-se completamente os tanques. A prática de calagem (100 a 150 g/m², distribuídos a lanço nas paredes dos tanques) é muito comum. Não é realizado nenhum tipo de adubação complementar nos tanques. Os peixes cultivados durante as coletas de água nessa propriedade foram: Área A – piau (*Leporinus fasciatus*) no Tanque 01; piau e tambacu (*C. macropomum* x *P. mesopotamicus*) no Tanque Intermediário; e piau e tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) no Último Tanque; Área B - piau no Tanque 01; pacu (*Piaractus mesopotamicus*) no Tanque Intermediário e tilápia do Nilo e tambacu no Último Tanque. A comercialização de todo o peixe produzido pela propriedade é feita na própria Região de Viçosa, principalmente para pesque-pagues.

Tabela 02 - Composição da ração extrusada fornecida aos peixes na PROPRIEDADE 02*

Componentes	Quantidade	
	28% PB	32% PB
Fibra máx. (%)	7,0	7,0
Cinzas máx. (%)	10,0	10,0
Cálcio máx. (%)	2,0	2,0
Fósforo min. (%)	0,6	0,6
Manganês (mg)	15,0	30,0
Zinco (mg)	70,0	140,0
Ferro (mg)	55,0	110,0
Cobre (mg)	8,0	16,0
Cobalto (mg)	0,1	0,2

*Dados do fabricante da ração

2.2 COLETA DAS AMOSTRAS

Os pontos de coleta do solo foram os locais ao redor do primeiro tanque, do tanque intermediário e do último tanque. A amostragem de solo foi realizada ao longo do perímetro de cada tanque, com a retirada de três amostras compostas, cada uma proveniente de 6 amostras simples, sendo coletadas num raio máximo de 10 metros em relação aos tanques analisados (Figuras 01, 02 e 03). As amostras de solo foram coletadas por meio de um Trado Holandês, sendo retiradas em uma profundidade de 0-20 cm. O material foi levado ao laboratório, seco ao ar, moído em almofariz e passado em peneira de dois milímetros de abertura de malha, obtendo-se assim a terra fina seca ao ar (TFSA) para realização dos devidos processos de caracterização do solo.

2.3 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS

Foram avaliadas: a porcentagem de área de cobertura vegetal, por meio da medição direta no campo, utilizando uma rede com 1 m², subdividida em 16 quadrados, obtendo a estimativa em 20 pontos ao redor de cada tanque; a condutividade hidráulica do solo, pelo método descrito por FERREIRA (2001), utilizando TFSA; a textura do solo, a porcentagem de argila dispersa em água, o grau de floculação e a densidade do solo (EMBRAPA 1997).

Foram quantificados: Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺, extraídos com KCl 1 mol/L e determinado por espectroscopia de absorção atômica; K⁺ e Fe, extraídos com Mehlich 1 e determinados por espectrofotômetro de chama; P, extraído com Mehlich 1 e determinado por colorimetria; carbono orgânico, pelo método de Walkey-Black modificado por YEOMAS & BREMNER (1988); e metais

pesados, Zn, Cu e Mn, extraídos com Mehlich 1 determinados por espectroscopia de absorção atômica.

Foram também realizadas avaliações complementares de pH em água, nas proporções de 1:2,5 (solo e água) conforme EMBRAPA (1997). Os solos amostrados foram classificados como Latossolo Vermelho Amarelo, segundo o sistema brasileiro de classificação de solos (CAMARGO et al., 1987) baseando-se em critérios morfológicos e características físico-químicas.

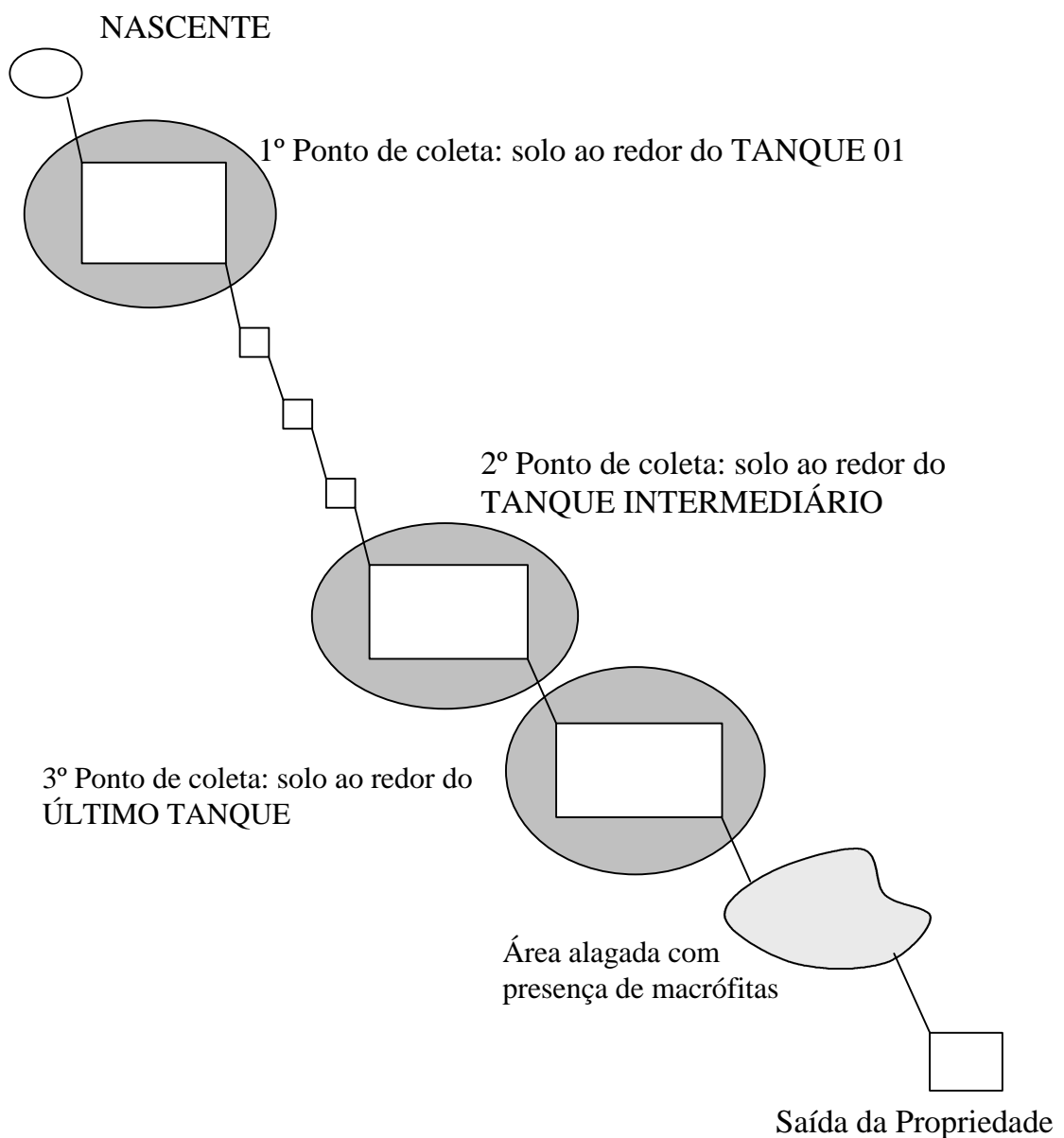


Figura 01 - Pontos de coleta de solo da PROPRIEDADE 01

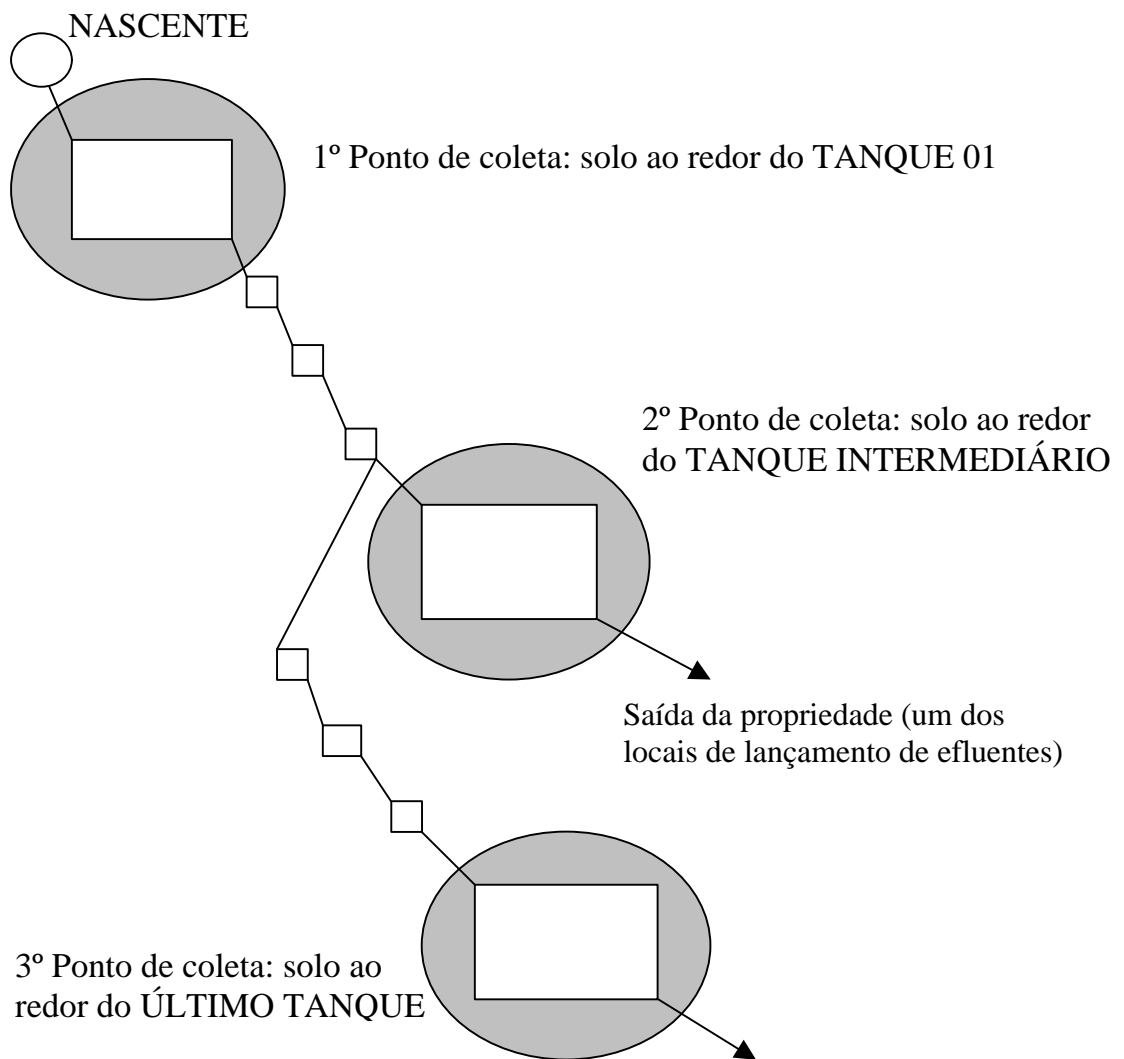


Figura 02 - Pontos de coleta de água da PROPRIEDADE 02, ÁREA A

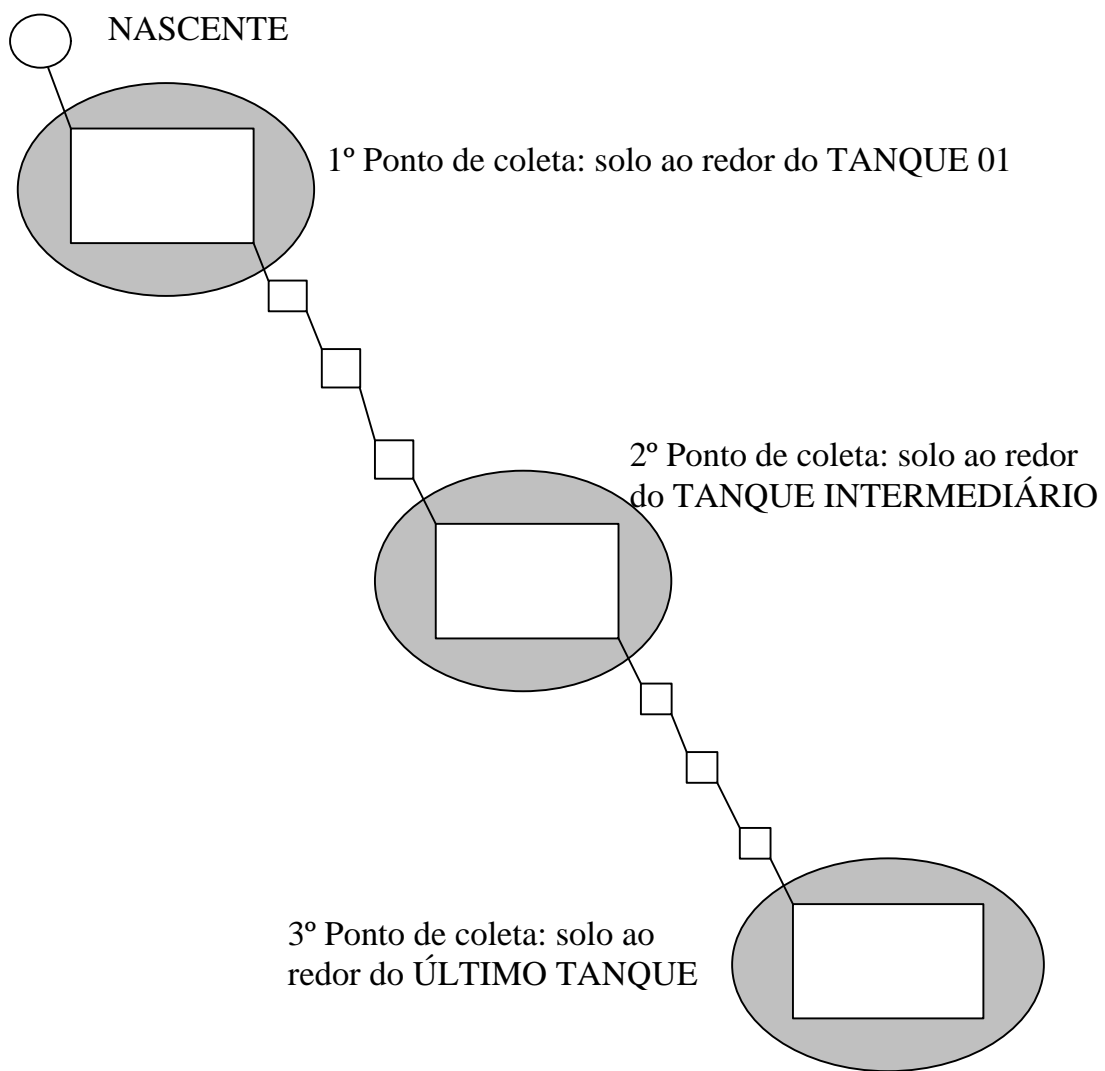


Figura 03 - Pontos de coleta de solo da PROPRIEDADE 02, ÁREA B

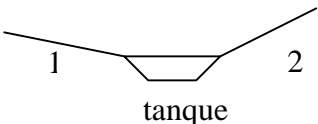
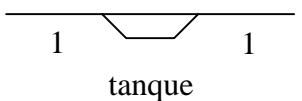
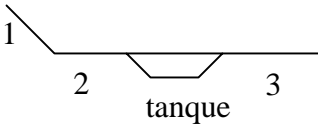
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 PROPRIEDADE 01

Avaliando as características morfológicas dos solos que circundam os tanques na PROPRIEDADE 01, e levando-se em conta algumas características como relevo, vegetação, coloração e manejo dos mesmos, pôde-se verificar que essas características eram semelhantes no solo do Tanque Intermediário e do Último Tanque, e por essas razões, os solos que circundam esses dois tanques foram analisados como sendo apenas uma amostra. O Quadro 01 mostra os valores médios encontrados para a porcentagem de cobertura de vegetação. Para melhor compreensão dessa característica foi feito o perfil de cada tanque, analisando a porcentagem de cobertura vegetal em cada um.

Nessa propriedade, não foram observados pontos sem proteção de vegetação, com o capim cobrindo praticamente todo o perímetro dos tanques e áreas adjacentes. Com isso, a possibilidade de aporte de nutrientes para dentro do tanque juntamente com o solo por meio da erosão, é praticamente nula.

Quadro 01 - Descrição do perfil dos tanques analisados e a porcentagem de cobertura de vegetação em cada perfil na PROPRIEDADE 01

Pontos de coleta	Descrição do perfil	% de cobertura de vegetação em cada perfil
Tanque 01	 <p>tanque</p>	1 e 2 - 100% de cobertura com pasto
Tanque Intermediário	 <p>tanque</p>	1- Parte plana. As paredes dos tanques fazem divisão com outros tanques e estão 100% cobertas com capim
Último Tanque	 <p>tanque</p>	<p>1- Parte superior com café (60% de cobertura) e parte inferior com pasto (100% de cobertura)</p> <p>2- Capim e mata com 95% de cobertura</p> <p>3- Estrada com 5% de cobertura</p>

O solo em volta do Tanque 01 apresentou maior teor de argila que o solo dos outros dois tanques, sendo que os dois últimos apresentaram teor de areia, tanto fina quanto grossa, mais elevado (Quadro 02). O solo em volta do Tanque 01 pode apresentar menor grau de susceptibilidade à erosão, quando comparado com o solo em torno do Tanque Intermediário e do Último Tanque, uma vez que em solos mais arenosos o transporte de elementos químicos, carregados principalmente junto com a água, é na maioria das vezes feito mais rapidamente. Além disso, o grau de flocculação do solo em volta do Tanque 01, apresentou valor médio superior ao encontrado em torno dos demais tanques (Quadro 02), demonstrando menor susceptibilidade à erosão,

mesmo havendo pouca diferença na quantidade de argila dispersa em água dos solos estudados.

Quadro 02 - Propriedades físicas dos solos da PROPRIEDADE 01

Pontos de coleta	Areia Fina	Areia Grossa	Silte	Argila	ADA*	Grau de flocculação	Classe Textural
 %						—
Tanque 01	26	10	18	46	17,3	62,24	Argilosa
Tanque Interm. e Último Tq.	35	17	17	31	17,7	42,81	Franco-Argilo-Arenosa

* Argila Dispersa em Água

Os resultados da condutividade hidráulica do solo dessa propriedade variaram de 3,77 cm/h (Tanque 01) a 10,90 cm/h (demais tanques), se enquadrando dentro da classe moderada e moderadamente rápida, respectivamente, conforme classificação proposta por FERREIRA (2001). Esse fato é importante no que diz respeito ao potencial de escoamento superficial da água, podendo-se dizer que no caso dos solos estudados nessa propriedade, esse potencial é baixo, uma vez que a água ao entrar em contato com o solo não encontra dificuldade de infiltrar-se.

As densidades dos dois solos estiveram sempre próximas uma da outra, considerados dentro de uma faixa normal para os solos da Região (Quadro 03). BALLESTERO (1984) trabalhando com solo Podzólico Vermelho Amarelo, observou valores de densidade do solo entre 0,61 e 1,81 mg/dm³. CARVALHO FILHO (1989) analisando solos do planalto da Região de Viçosa, encontrou valores bem próximos aos relatados nesse estudo, variando de 0,99 a 1,17 mg/dm³.

Os dados obtidos nesse estudo, foram comparados com os valores recomendados pela Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais - CFSEMG (1999) (Quadro 04).

Quadro 03 - Valores de densidade, pH e carbono orgânico dos solos da PROPRIEDADE 01. Média de três repetições

Pontos de coleta	Densidade (mg/dm ³)	pH (H ₂ O)	CO (dag/kg)
Tanque 01	1,037	6,11	1,94
Tanque Intermediário e Último Tanque	1,089	5,67	1,12

Quadro 04 - Classes de interpretação de alguns elementos químicos

	Unidade	Muito Baixo	Baixo	Médio	Bom	Muito Bom
Fósforo*	mg/dm ³	< 4,0	4,1-8,0	8,1-12,0	12,1-18,0	>18,0
K ⁺	mg/dm ³	< 15,0	16-40	41-70	71-120	> 120
Ca ²⁺	cmol _c /dm ³	< 0,4	0,41-1,2	1,21-2,4	2,41-4,0	> 4,0
Mg ²⁺	cmol _c /dm ³	< 0,15	0,16-0,45	0,46-0,9	0,91-1,5	>1,5
Al ³⁺	cmol _c /dm ³	< 0,2	0,21-0,5	0,51-1,0	1,01-2,0	> 2,0
Mn disponível	mg/dm ³	< 2	3-5	6-8	9-12	> 12
Zn disponível	mg/dm ³	< 0,4	0,5-0,9	1,0-1,5	1,6-2,2	> 2,2
Cu disponível	mg/dm ³	< 0,3	0,4-0,7	0,8-1,2	1,3-1,8	> 1,8
CO	dag/kg	< 0,4	0,41-1,16	1,17-2,32	2,33-4,06	> 4,06

* a disponibilidade de fósforo está relacionada com o teor de argila do solo

Adaptado de CFSEMG (1999)

O pH do solo dessa propriedade, se apresentou dentro de uma faixa normalmente encontrada nos solos da Região, ou seja, valores tendendo ao pH

ácido (Quadro 03). Os valores médios de pH do solo, em torno do Tanque 01, estiveram um pouco acima do normal, talvez influenciados pelo manejo desse tanque, uma vez que a prática de calagem no mesmo é muito comum, podendo o calcário ter se espalhado pela proximidade no momento dessa prática. GOMES (1992) observou valores de pH entre 4,1 e 4,8 em Latossolos Vermelho-Amarelo da Região de Viçosa. CARVALHO FILHO (1989), encontrou valores de pH na faixa de 4,5 a 5,7 em solos do planalto de Viçosa.

O teor de carbono orgânico (CO) no solo se apresentou dentro dos níveis encontrados na Região. Observa-se que o teor encontrado em volta do Tanque 01 é um pouco maior que os dos demais tanques (Quadro 03), isto está relacionado à manutenção de maior cobertura vegetal da área perto da nascente e do Tanque 01. Esses solos foram classificados com teores médios de CO no solo entorno do Tanque 01 e baixos nos demais tanques. Os valores encontrados nesse trabalho estiveram bem abaixo do observado por GOMES (1992), que analisando Latossolos Vermelho Amarelo da Região de Viçosa descreveu valores entre 4,0 e 5,9 dag/kg.

Assim como para a grande maioria dos solos da Região, os valores de fósforo disponível (Quadro 05) nos dois solos analisados, apresentaram-se abaixo do recomendado para o cultivo agrícola. Contudo, é mínima a possibilidade de aporte desse elemento nos tanques de cultivo. Ao contrário do fósforo, as concentrações de K^+ podem ser consideradas elevadas (Quadro 05), representando um risco de entrada desse elemento no sistema de criação de peixes, uma vez que esse elemento químico é bastante móvel no solo.

Os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} foram considerados baixos nos solos no entorno do Tanque Intermediário e do Último Tanque, tornando o seu potencial de entrada nos tanques baixo, porém no solo em volta do Tanque 01, os valores de Ca^{2+} encontrados foram considerados médios e de Mg^{2+} considerados altos (Quadro 05), influenciados principalmente pelo manejo de calagem realizado nesse tanque, gerando potencial de entrada desses elementos no sistema de criação de peixes.

As concentrações de Al^{3+} são consideradas muito baixas no solo em torno do Tanque 01 e baixas no solo em volta do Tanque Intermediário e do Último Tanque (Quadro 05), o que diminui o potencial de aporte desse elemento químico no sistema de criação de peixes.

Quadro 05 - Propriedades químicas dos solos da PROPRIEDADE 01

Pontos de coleta	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺
	mg/dm ³		cmolc/dm ³		
Tanque 01	0,60	95,00	2,01	1,12	0,10
Tq. Interm. e Último Tq.	0,40	84,00	0,78	0,44	0,40

Os valores de metais pesados encontrados chamam a atenção por muitas vezes se apresentarem dentro de uma faixa elevada. Os teores de Mn foram considerados bastante altos (Quadro 06). Esses teores podem estar relacionados à dinâmica desse elemento em ambientes freqüentemente mal drenados, onde tende a se acumular. Essas altas concentrações de Mn aumentam o potencial de entrada desse metal no sistema de criação de peixes. As concentrações de Zn apresentaram valores elevados no Tanque 01, aumentando o seu potencial de aporte no sistema de criação de peixes, e concentrações baixas nos demais tanques (Quadro 06), o que torna potencialmente baixo seu transporte até os tanques de piscicultura. O Cu, assim como o Mn, apresentou valores altos nos solos estudados (Quadro 06), fazendo com que esse metal, apresente um potencial de arraste para dentro dos tanques de cultivo da piscicultura.

Quadro 06 - Valores de metais pesados nos solos da PROPRIEDADE 01.
Médias de três repetições

Pontos de coleta	Mn	Zn	Cu
	mg/dm ³		
Tanque 01	95,05	1,70	2,11
Tanque Intermediário e Último Tanque	39,32	0,76	2,00

3.2 PROPRIEDADE 02

Utilizando-se dos mesmos parâmetros da PROPRIEDADE 01 para caracterização dos solos, alguns tanques analisados foram estudados considerando-os como um único ponto de coleta. Na ÁREA A foram retiradas amostras em volta dos três tanques (Tanque 01, Tanque Intermediário e Último Tanque), porém, na ÁREA B, as áreas em torno do Tanque Intermediário e do Último Tanque foram consideradas como o mesmo ponto de coleta que o Último Tanque da ÁREA A.

No entorno do Tanque 01 da ÁREA A, percebeu-se falhas na vegetação deixando o solo exposto em alguns casos (Quadro 07). Em volta do Tanque Intermediário da ÁREA A, a proximidade com a plantação de milho fez com que a área estivesse bastante descoberta, com apenas 50% de cobertura do solo, podendo nesse caso, favorecer o aporte do material utilizado no milharal para dentro do tanque. Ao redor do Último Tanque da ÁREA A, a situação é ainda mais preocupante, pois apenas 15% do solo têm algum tipo de vegetação. Esse problema é minimizado pelo relevo em volta desse tanque, uma vez que essa é uma área com relevo pouco acidentado.

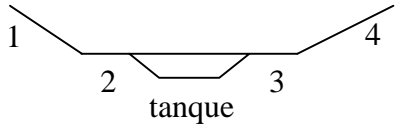
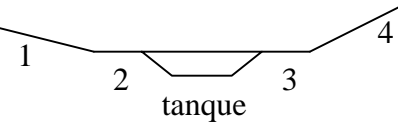

Ao redor do Tanque 01 da ÁREA B, o problema de carreamento superficial de nutrientes é bastante minimizado, pois a vegetação cobre 100%

da área (Quadro 08). Em torno do Tanque Intermediário da ÁREA B, observa-se que na parte superior da área que o circunda, tem-se boa cobertura vegetal (Quadro 08), porém nas proximidades do mesmo existem problemas sérios de exposição do solo. Em um dos lados a presença de um curral bem próximo de toda a parede do tanque faz com que o terreno seja 100% desnudo, com grande possibilidade de aporte de material no tanque. No outro lado, o cultivo do milho também expõe bastante o solo, abrindo caminho para o carreamento de materiais. O entorno do Último Tanque da ÁREA B também apresenta problemas com a exposição do solo possuindo apenas 25% de cobertura vegetal (Quadro 08). Assim como no Último Tanque da ÁREA A, esses problemas são minimizados pelo relevo em que esses tanques estão inseridos.

Quadro 07 - Descrição do perfil dos tanques analisados e a porcentagem de cobertura de vegetação em cada perfil na PROPRIEDADE 02 ÁREA A

Pontos de coleta	Descrição do perfil	% de cobertura de vegetação em cada perfil
Tanque 01		1 e 3 - 100% de cobertura com pasto 2 e 4 - 60% de cobertura com pasto
Tanque Intermediário		1- Divisão com outros tanques com 100% de cobertura com pasto 2- 50% de cobertura com pasto e milho
Último Tanque		1- Divisão com outros tanques com apenas 15% de cobertura com pasto

Quadro 08 - Descrição do perfil dos tanques analisados e a porcentagem de cobertura de vegetação em cada perfil na PROPRIEDADE 02 ÁREA B

Pontos de coleta	Descrição do perfil	% de cobertura de vegetação em cada perfil
Tanque 01		1 a 4 - 100% de cobertura com pasto
Tanque Intermediário		<p>1- 95% de cobertura com pasto</p> <p>2- 0% de cobertura devido a presença de um curral</p> <p>3- 50% de cobertura com milho</p> <p>4- Parte superior com 100% de cobertura com pasto e parte inferior com 50% de cobertura com pomar</p>
Último Tanque		1- Divisão com outros tanques com 25% de cobertura com pasto

A análise textural do solo dessa propriedade demonstrou uma boa homogeneidade entre os pontos analisados (Quadro 09). Com exceção do Tanque Intermediário da ÁREA A, todos os demais apresentaram textura muito argilosa. Analisando o grau de floculação, observou-se que, o Tanque Intermediário da ÁREA A e o Tanque 01 da ÁREA B apresentaram os menores valores, mostrando maior susceptibilidade dessas áreas à erosão.

Com base na classificação da condutividade hidráulica do solo proposta por FERREIRA (2001), os solos dessa propriedade foram classificados dentro da classe de condutividade moderadamente rápida nos solos que circundam os

Tanques 01 das duas áreas, e dentro da classe moderada nos solos que circundam os demais tanques (Quadro 10). Em ambos os casos, o potencial de escoamento superficial da água é baixo, uma vez que a água ao entrar em contato com o solo não encontra dificuldade de infiltrar-se.

Quadro 09 - Propriedades físicas dos solos da PROPRIEDADE 02

Pontos de coleta	Areia Fina	Areia Grossa	Silte	Argila	ADA*	Grau de floculação	Classe Textural
 %						—
Tanque 01 ÁREA A	18	12	9	61	22,1	63,74	Muito Argilosa
Tanque Interm. ÁREA A	15	13	18	54	27,3	49,41	Argilosa
Último Tq. ÁREA A e Tq. Interm., Último Tq. ÁREA B	1	1	30	68	18,2	73,24	Muito Argilosa
Tanque 01 ÁREA B	9	7	21	63	31,6	49,83	Muito Argilosa

* Argila Dispersa em Água

Quadro 10 - Valores de condutividade hidráulica dos solos da PROPRIEDADE 02. Médias de três repetições

Pontos de coleta	Condutividade Hidráulica (cm/h)
Tanque 01 ÁREA A	12,30
Tanque Intermediário ÁREA A	3,45
Último Tanque ÁREA A e Tanque Intermediário, Último Tanque ÁREA B	3,87
Tanque 01 ÁREA B	8,97

As médias de densidade do solo estiveram sempre dentro de uma mesma faixa para todos os solos estudados nas duas áreas dessa propriedade (Quadro 11).

Os valores médios de pH do solo estiveram dentro da faixa comumente encontrada na Região (Quadro 11), e se apresentaram inferiores aos encontrados na PROPRIEDADE 01.

Os teores médios de CO no solo foram mais elevados nos primeiros tanques das duas áreas analisadas, mostrando mais uma vez a preocupação em se preservar a área da nascente e a área em sua volta (Quadro 11).

Quadro 11 - Valores de densidade, pH e carbono orgânico dos solos da PROPRIEDADE 02. Média de três repetições

Pontos de coleta	Densidade (mg/dm ³)	pH (H ₂ O)	CO (dag/kg)
Tanque 01 ÁREA A	1,036	5,13	1,63
Tanque Intermediário ÁREA A	1,001	5,76	1,05
Último Tanque ÁREA A e Tanque Intermediário, Último Tq ÁREA B	0,901	5,39	0,90
Tanque 01 ÁREA B	0,905	5,57	2,49

Assim como ocorrido na PROPRIEDADE 01, os valores encontrados nas análises nesses solos, foram comparados com os valores recomendados pela Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG (1999) (Quadro 04).

Ao analisar a concentração de P disponível, verificou-se que os valores encontrados no Tanque 01 das áreas A e B, estiveram dentro daqueles esperados para a Região, porém os valores nos demais tanques foram mais elevados (Quadro 12). Contudo, ainda estiveram dentro de uma classe considerada baixa em relação a sua disponibilidade. Esses valores devem ser considerados importantes já que o P, que é pouco móvel no solo, pode chegar

ao sistema de criação de peixes por enxurradas, juntamente com partículas de solo, e o fato desses valores mais elevados estarem justamente nas áreas com menores coberturas vegetais aumenta ainda mais o potencial de entrada desse elemento no sistema de criação de peixes. O K^+ foi classificado como de média a boa disponibilidade. A concentração de Ca^{2+} foi considerada muito baixa no Tanque 01 e no Último Tanque da ÁREA A e no Tanque Intermediário e Último Tanque da ÁREA B, porém médias no Tanque Intermediário da ÁREA A e no Tanque 01 da ÁREA B (Quadro 12). Os valores médios de Mg^{2+} foram considerados baixos em todos os tanques, com exceção do Tanque 01 da ÁREA B, onde a disponibilidade de Mg^{2+} foi classificada como média (Quadro 12). As concentrações de Al^{3+} foram consideradas médias no Tanque 01 da ÁREA A e muito baixas nos demais tanques (Quadro 12). Esses valores observados determinaram um baixo potencial de aporte desses elementos químicos (Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+}), nos tanques de criação de peixes.

Quadro 12 - Propriedades químicas dos solos da PROPRIEDADE 02

Pontos de coleta	P	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Al^{3+}
	mg/dm ³			cmolc/dm ³	
Tanque 01 ÁREA A	0,50	54,0	0,21	0,22	0,70
Tanque Intermediário ÁREA A	4,20	76,0	1,31	0,34	0,00
Último Tanque ÁREA A e Tq.	4,10	48,0	0,34	0,19	0,00
Interm., Último Tq. ÁREA B					
Tanque 01 ÁREA B	1,20	41,0	2,04	0,78	0,10

Os teores de Mn nos solos dessa propriedade foram considerados altos no Tanque 01 da ÁREA B, (Quadro 13), podendo estar relacionados à dinâmica desse elemento em ambientes frequentemente mal drenados, onde tende a se acumular, podendo chegar ao sistema de criação de peixes. As

concentrações de Zn observadas, foram baixas (Quadro 13), o que torna potencialmente baixo seu transporte até os tanques analisados. Os valores de Cu foram considerados de média a boa disponibilidade, apresentando potencial de aporte no sistema de criação de peixes.

Quadro 13 - Valores de metais pesados nos solos da PROPRIEDADE 02. Médias de três repetições

Pontos de coleta	Mn	Zn	Cu
	mg/dm ³		
Tanque 01 ÁREA A	7,42	0,56	1,17
Tanque Interm. ÁREA A	9,15	0,60	1,00
Último Tanque ÁREA A e Tq. Interm., Último Tq. ÁREA B	2,42	0,18	0,99
Tanque 01 ÁREA B	35,48	0,47	1,38

4. CONCLUSÃO

As áreas que circundam os tanques analisados na PROPRIEDADE 01 podem ser consideradas com boa proteção vegetal, sendo bem distribuída ao longo de toda a área, o que diminui o impacto direto da água de precipitação, minimizando o potencial de erosão desses solos. Com isso, os nutrientes observados nos solos dessa propriedade, que estiveram dentro de um patamar baixo, com exceção do K^+ , têm pouca possibilidade de entrar no sistema de criação de peixes. Os metais pesados, por apresentarem maiores concentrações no solo dessa propriedade, possuem potencial maior de entrada no ambiente aquático.

Nas áreas que circundam os tanques analisados na PROPRIEDADE 02, foram encontrados problemas com a plantação de milho, currais e áreas desmatadas no entorno dos tanques, o que potencializa a erosão dessas áreas. Porém, devido ao relevo pouco acidentado onde se ocorre baixa cobertura vegetal, o potencial de erosão do solo é reduzido. Entre os nutrientes observados nos solos dessa propriedade, o P é o mais preocupante. Os metais pesados apresentaram altas concentrações no solo dessa propriedade, com exceção do Zn, o que torna alto o potencial de entrada desses metais no sistema de criação de peixes.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ASSIS, A.F.F. A experiência brasileira no controle à erosão rural. Campinas, Coordenadoria de Assistência técnica Integral, 42 p. 1980.
- BALLESTERO, S.D. Relações entre densidade e umidade em terra compactada e agregada. Dissertação de Mestrado apresentada a Escola Superior da Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba. 79 p. 1984.
- BERTONI, J.; PASTANA, F.I.; LOMBARDI NETO, F. e BENATTI JÚNIOR, R. Conclusões Gerais da Pesquisa sobre Conservação do Solo no Instituto Agrônômico. Circular nº20. Instituto Agrônômico de Campinas. p.56. 1972.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. e BENATTI JÚNIOR, R. Equação de perdas de Solo. Boletim Técnico nº21. Instituto Agrônômico de Campinas. p.25. 1975.
- BERTONI, J.; LOMBARDI Neto, F. Conservação do Solo. Piracicaba: Livroceres. 392 p. 1990.
- BOARDMAN, J. Soil erosion at Albourne, West Sussex, Inglaterra, Applied Geography, 3, 317-329. 1983.
- BRYAN, R.B. Water erosion by splash and the erodibility of Albertan soils. Geogr. Annlr., 56A, 159-181. 1974.
- CAMARGO, M. N., KLAMT, E., KAUFFMAN, J. H.. Classificação de solos usada em levantamento pedológicos no Brasil. Bol. Rev. Bras. Ci. Solo. 12:11-33, 1987.

- CARVALHO FILHO, A. Caracterização mineralógica, química e física de solos de duas unidades de paisagem do planalto de Viçosa - MG. Tese de Mestrado apresentado a Universidade Federal de Viçosa. 114 p. 1989.
- CERQUEIRA, J.M.C. AGRICULTURA – Solos e Clima. Coleção Agros. 3 ed. 1986.
- CFSEMG - Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª Aproximação. Viçosa-MG, 1999.
- DE PLOEY, Experimental data on runoff generation. In Soil erosion and conservation. Editores: S.A. Swaify, W.C. Moldenhauer e A. Lo, 528-539. 1985.
- DE PLOEY, J. Crusting and time-dependent rainwash mechanisms on loamy soil. In Soil Conserveation Problems and Prospects. Editor: R.P.C. Morgan, 139-152. 1981.
- DICKINSON, W.T.; WALL, G.J.; RUDRA, R.P. Model building for predicting and managing soil erosion and transport. In Soil erosion on agricultural land. Editores: J. Boardman, I.D.L. Foster e J.A. Dearing, 415-428. 1990.
- ELLISON, W.D. Soil detachment and transportation. Soil Conservation. 11 (8): 179 e 190, 1946.
- ELLISON, W.D. Soil detachment by water in erosion processes. Transactions American Geophysical Union. 29 (4): 499-502. 1948.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de Métodos de Análises de Solos. 2ª Ed. Rio de Janeiro, 212p., 1997.
- EVANS, R. Water erosion in British farmer's fields – some causes, impacts, predictions. Progress in Physical Geography, 14, 2, 199-219. 1990.
- FARMER, E.E. Relative detachability of soil particles by simulated rainfall. Soil Science Society American Proceedings, 37, 629-633. 1973.
- FERREIRA, P.A. Qualidade de água e manejo água-plantas em solos salinos. Brasília-DF. ABEAS. Mód. 11. 111p. 2001.
- GOMES, P.C. Influência da Cobertura Vegetal na Formação e Evolução do Húmus e sua Relação com Algumas Propriedades Físico-Químicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo do Município de Viçosa - MG. Tese de Mestrado apresentada a Universidade Federal de Viçosa. 60 p. 1992.

- GOVERS, G. e POESEN, J. Assessment of the interrill and rill contributions to total soil loss from an upland field polt. *Geomorphology*, 1, 343-354. 1988.
- GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 3º ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.
- GUERRA, A.J.T. Soil characteristics and erosion, with particular reference to organic matter content. Tese de Doutorado, Universidade de Londres, 441 p..1991a.
- GUERRA, A.J.T. Avaliação da influência das propriedades do solo na erosão com base em experimentos utilizando um simulador de chuvas. In: *Anais do IV Simpósio de Geografia Física Aplicada*, Porto Alegre, 260-266. 1991b.
- HIGGITT, D.L. Soil erosion and soil problems. *Progress in Physical Geography*, v.1, n.15, p.91-100, 1991.
- LAL, R. Analysis of different processes governing soil erosion by water in the tropics. *IAHS Publication*, 13, 351-366. 1981.
- MEYER, L.D. e MONKE, E.J. Mechanics of soil erosion by rainfall and overland flow. *Transactions of the ASAE*, 8 (4): 572-5577 e 580, 1965.
- MORGAN, R.P.C.; MARTIN, L. e NOBLE, C.A. Soil erosion in the United Kingdom: a case study from mid-Bedfordshire. *Occasional Paper*, 14, Silsoe, Cranfield Institute of Technology, Inglaterra. 1987.
- MUTTER, G.M. e BURNHAM, C.P. Plot studies comparing water erosion on chaly and non-calcareous soils. In *Soil erosion on agricultural land*. Editores: L. Boardman, I.D. Foster e J.A. Dearing, 15-23. 1990.
- POESEN, J. Rainwash experiments on the erodibility of loose sediments. *Earth Surface Processes and Landforms*, 6, 285-307. 1981.
- VORONEY, R.P.; VAN VEEN, J.A.; PAUL, E.A. Organic carbon dynamics in grassland soil. II Model validation and simulation of the long-term effects of cultivation and rainfall erosion. *Canadian Journal of Science*, 61, 211-224. 1981.
- YOEMANS, J.C., BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.*, New York, v.19, n.13, p.1467-1476, 1988.
- WILD, A. *Soils and the environment: an introduction*. Cambridge University Press, Grã-Bretanha, 287 p. 1993.

WISCHMEIER, W.H. e MANNERING, J.V. Relation of soil properties to its erodibility. Proceedings Soil Science Society of America, 33, 133-137. 1969.

WISCHMEIER, W. H. e SMITH, D.S. Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of Tocky Montains. Agr. Handbook n° 282. U.S. Dept° Agriculture, Washington, 47 p. 1965.

Capítulo 02

Qualidade de Água na Piscicultura

SOUTO, Eduardo Ferri. Qualidade de Água na Piscicultura. Viçosa: UFV, 2003. 161 p. (Dissertação, Mestrado em Ciência do Solo).

RESUMO

A criação de peixes sem acompanhamento técnico, apresenta como consequência a degradação da qualidade da água. Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o impacto da atividade piscícola sobre as características físicas, químicas e biológicas da água, em duas propriedades da Região de Viçosa, Minas Gerais. Foram realizadas coletas de água durante o período de dezembro de 2001 a abril de 2002, sendo analisadas as seguintes características, físicas: transparência, turbidez, quantidade de sólidos e temperatura da água; químicas: condutividade elétrica, DQO, pH, OD, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Fe; e biológica: DBO. Também foram analisados os seguintes metais pesados: Zn, Cu, Pb, Ni, Cr, Cd e Mn. Os resultados indicaram que as pisciculturas analisadas estão provocando impacto negativo sobre a qualidade da água dos seus tanques. Portanto, a realização de tratamento prévio dos efluentes das pisciculturas, faz-se necessário, antes que os mesmos sejam lançados para os rios da Região.

Water Quality in Pisciculture

SOUTO, Eduardo Ferri. Water Quality in Pisciculture. Viçosa: UFV, 2003. 161 p. (Dissertation, Master Science in Soil Science).

ABSTRACT

Fish breeding without a technical advise, shows as consequence the degradation of water quality. Thus, the aim of the present work is to analyse the impact of the fish breeding activity on the biological, chemistry and physics water characteristics in two properties near the city of Viçosa, Minas Gerais. Water samples were collected in the period of December 2001 to April 2003. The following characteristics were analysed: 1) physics: transparency, turbid, amount of solids and water temperature; 2) chemistry: electric conductivity, OQD, pH, OD, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Fe and 3) biological: OBD. The following heavy metals were also analysed: Zn, Cu, Pb, Ni, Cr, Cd and Mn. The results indicated that the analysed fish tanks, are causing a negative impact on the tanks water quality. Therefore, it is necessary to have made a previous treatment of the effluent of the fish tanks before it is thrown into the rivers of the Region.

1. INTRODUÇÃO

A eutrofização ocorre naturalmente no ambiente aquático, seja em rios, lagos, represas ou ambiente marinho, e se caracteriza pelo aporte de substâncias nutritivas. A eutrofização artificial é um processo que vem se agravando a cada dia nos ecossistemas aquáticos, podendo, acarretar desenvolvimento anormal de organismos autótrofos, que por sua vez, consomem a maior parte do oxigênio da água, comprometendo sua qualidade (BONACELLA e MAGOSSO, 1992).

A piscicultura quando realizada de forma não controlada também pode promover a eutrofização dos ecossistemas aquáticos, principalmente se seus efluentes forem lançados sem tratamento prévio. Todo o processo poderá ser minimizado com o monitoramento das propriedades físicas e químicas da água (KUBITZA, 1998).

Segundo TAVARES (1995), o ponto de partida de qualquer estudo voltado à criação de peixes, é a análise dos fatores físicos e químicos do ecossistema aquático. A manipulação parcial das condições abióticas e bióticas pode ser realizada a fim de garantir a sobrevivência e potencializar o crescimento dos peixes (PAYNE, 1986).

Fertilizantes e ração suplementar podem ser considerados como os aportes de nutrientes predominantes em um tanque de criação de peixes

(EDWARDS, 1993; LIN et al., 1998). Altos níveis de arraçoamento resultam em acúmulo de dejetos e de alimento não ingerido, causando desequilíbrio no ecossistema (SCHIMITTOU, 1997). Segundo BOYD (1992), a deterioração da qualidade da água aumenta exponencialmente enquanto a proporção de peixes aumenta linearmente com a taxa de alimentação, aumentando principalmente os teores de nitrogênio e fósforo no sistema (CYRINO et al., 1998).

Nesse contexto, o fósforo assume papel fundamental, uma vez que o mesmo tem sido apontado como o principal responsável pela eutrofização artificial desses ecossistemas. Os níveis de fósforo total podem ser influenciados pela liberação dos compostos fosfatados provenientes da decomposição da matéria orgânica de sobras de ração e excreção metabólica (SOUZA, 1996) e quando lançados na água, podem provocar proliferação excessiva e indesejável de organismos.

O controle da qualidade da água, juntamente com um bom manejo nutricional, garantem a saúde e o desempenho produtivo dos peixes e por consequência, menor potencial poluente. Portanto, a boa qualidade de água mantida por meio de monitoramento contínuo, pode vir a viabilizar o sucesso da produção de peixes (SHIMITTOU, 1994).

Essa pesquisa teve como objetivo avaliar a degradação da água causada pela atividade piscícola, sobre as características físicas, químicas e biológicas da mesma, estudadas em duas propriedades representativas da Região de Viçosa, Minas Gerais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O local de desenvolvimento do projeto, a metodologia de escolha das propriedades e as características gerais de cada propriedade foram descritos no Capítulo 01.

2.1 PONTOS DE COLETA

Para a realização das análises da água das propriedades em estudo foram escolhidos os seguintes pontos de coleta: 1) nascente; 2) saída do primeiro tanque (Tanque 01); 3) entrada de um tanque intermediário; 4) saída do tanque intermediário; 5) entrada do último tanque; e 6) saída do último tanque. Na escolha desses pontos levaram-se em consideração os seguintes critérios: nascente (água sem intervenção da atividade piscícola); saída do primeiro tanque (água já utilizada para a atividade piscícola); entrada e saída de um tanque intermediário (água que passa por vários tanques); entrada e saída do último tanque (água que é lançada no córrego).

2.1.1 PROPRIEDADE 01

Nessa propriedade, não havia criação de peixes no Último Tanque, portanto o Penúltimo Tanque foi escolhido para a coleta da água. Como a água percorria uma área alagada, com presença de macrófitas, após esse tanque, também foi coletada a água antes que a mesma fosse lançada no riacho. Entretanto, do Tanque Intermediário, situado logo anteriormente ao Penúltimo Tanque, foi apenas coletada a água de sua entrada. Nesse estudo, o Penúltimo Tanque será considerado como sendo o Último Tanque da propriedade. A Figura 01 apresenta os pontos de coleta dessa propriedade.

2.1.2 PROPRIEDADE 02

Os critérios de seleção dos pontos de coleta seguiram os mesmos critérios adotados na PROPRIEDADE 01, sendo também adotados os seguintes pontos: nascente; saída do primeiro tanque; entrada e saída de um tanque intermediário; e entrada e saída do último tanque. A existência de duas nascentes distintas, com fileiras de tanques também distintos, fez com que houvesse coletas nas duas fileiras, dividindo-se a área em duas partes, denominadas “ÁREA A e ÁREA B”. As duas áreas possuem o mesmo manejo de água, apenas o primeiro tanque recebe água proveniente da nascente, havendo posterior passagem de água de um tanque para o outro, de forma sequencial, até essa ser lançada diretamente no córrego.

Na ÁREA A, o tanque anterior ao Tanque Intermediário abastece também outro tanque, não estudado nessa pesquisa, sendo a água desse tanque passada para outros tanques até chegar no que se considerou o Último Tanque dessa área. No Tanque Intermediário tem-se a primeira saída de água da

propriedade, onde essa é lançada no córrego sem nenhum tratamento prévio. A água ao sair do Último Tanque, é lançada para o Último Tanque da ÁREA B. A Figura 02 apresenta os pontos de coleta dessa área.

Na ÁREA B, tem-se o segundo ponto de lançamento de água no córrego, que é a Saída do Último Tanque, sendo que esse recebe água da ÁREA B e do Último Tanque da ÁREA A. A Figura 03 apresenta de forma didática os pontos de coleta dessa área.

2.2 COLETA DAS AMOSTRAS

As coletas das amostras de água das duas propriedades foram realizadas durante os meses de dezembro de 2001 a abril de 2002, época de maior produção da atividade piscícola, sendo que as características: temperatura, transparência, pH e OD foram analisadas a cada 20 dias; e as características: turbidez, sólidos sedimentáveis, sólidos totais, condutividade elétrica, DBO, DQO e os elementos químicos, a cada 40 dias.

As amostras de água foram coletadas com Garrafa de Van-Dorn, retirando-se amostras simples do local, e levando-se imediatamente ao laboratório, para posterior análise. As características de temperatura, pH, OD e teores de amônia na água, por apresentarem possibilidade de alterações dos valores rapidamente, foram analisadas no próprio local. A profundidade de coleta da água foi padronizada em 60 centímetros para todos os pontos de coleta.

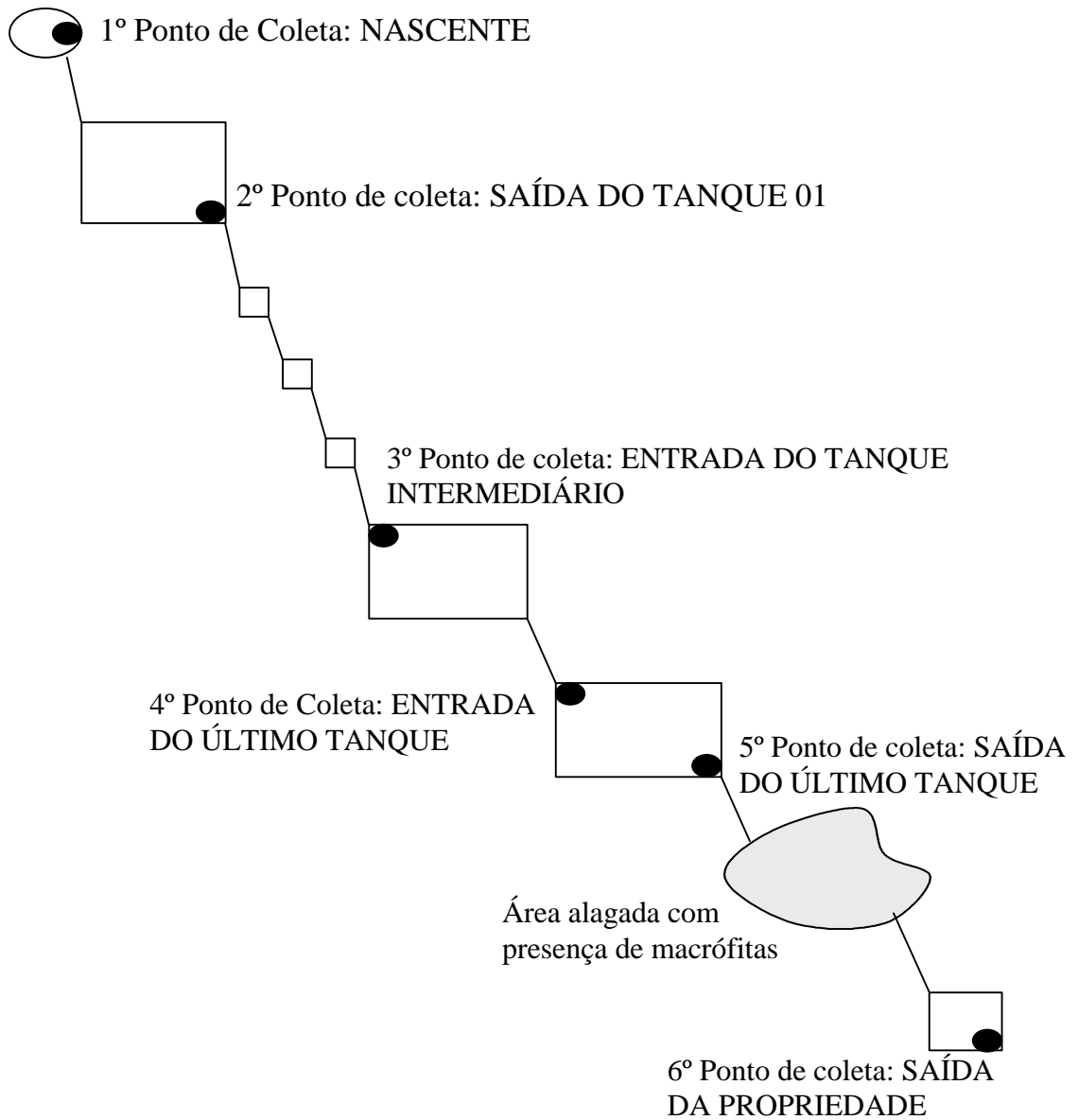


Figura 01 - Pontos de coleta de água da PROPRIEDADE 01

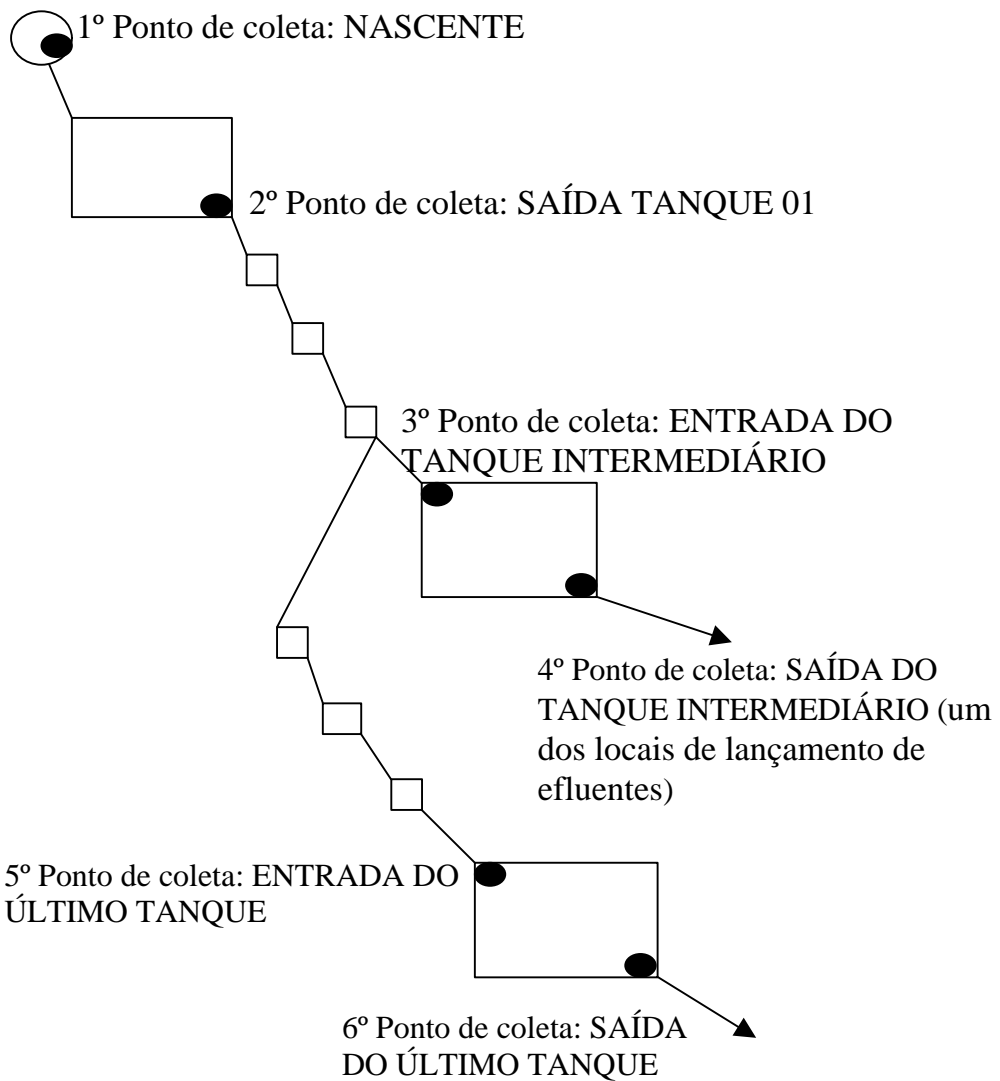


Figura 02 - Pontos de coleta de água da PROPRIEDADE 02, ÁREA A

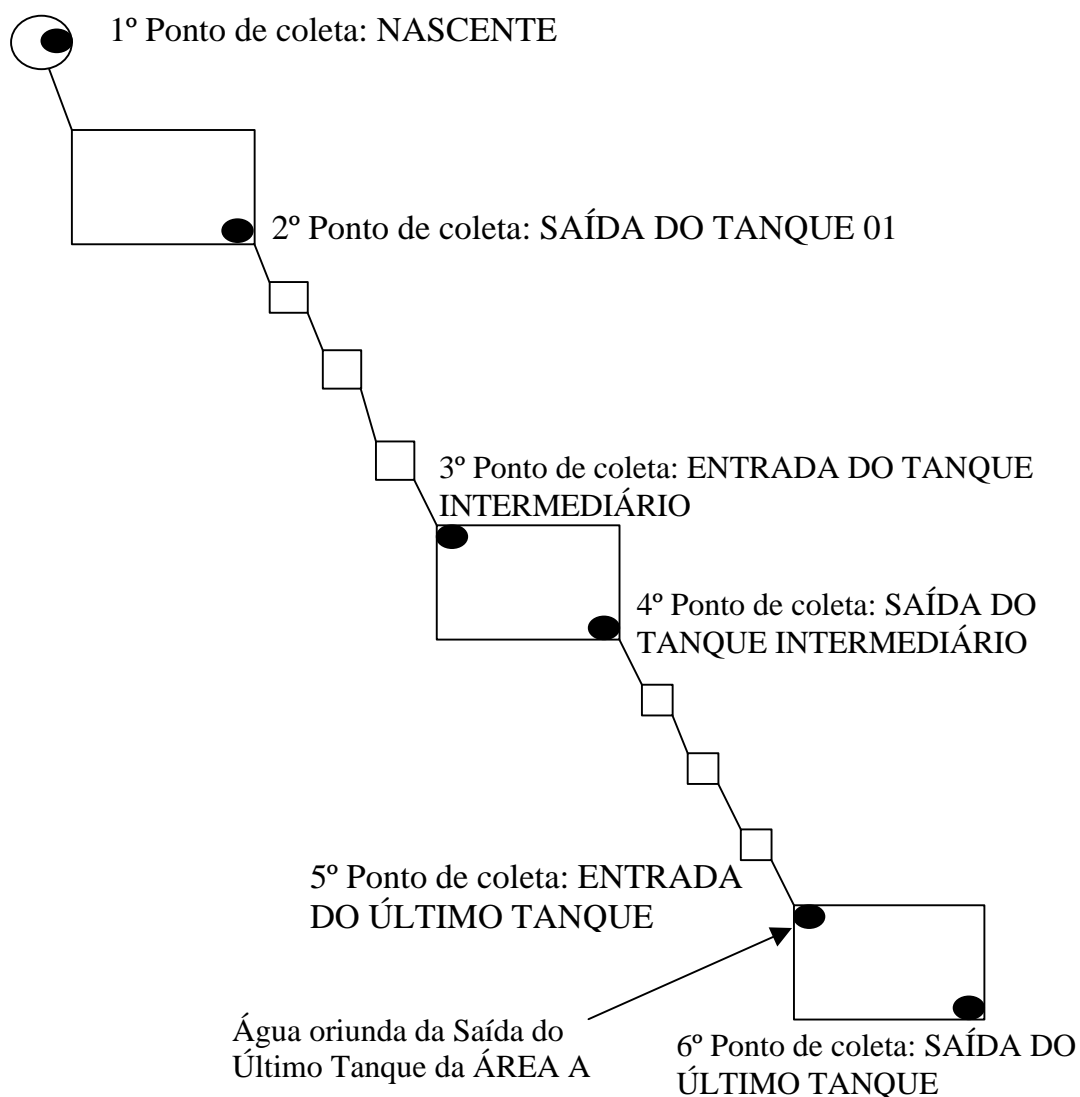


Figura 03 - Pontos de coleta de água da PROPRIEDADE 02, ÁREA B

2.3 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS

2.3.1 FÍSICAS

Foram avaliadas as seguintes características físicas da água: transparência, por meio do Disco de Secchi; turbidez, por turbidímetro de

marca La Motte – Modelo I200-CL; temperatura (°C), por meio de um termômetro comum de álcool, a uma profundidade média de 30 centímetros; sólidos sedimentáveis na água, utilizando o Cone Imhoff e sólidos totais na água, conforme descritos por RUMP et al (1992).

2.3.2 QUÍMICAS

Foram avaliadas as seguintes características químicas da água: condutividade elétrica por meio de condutivímetro portátil da marca ANALYSER, modelo 650; DQO, conforme metodologia descrita por RUMP et al (1992); pH, com auxílio de um potenciômetro portátil, da marca Digimed - DM21; OD, pelo método de titulometria baseado na técnica de Winkler, modificado por Pomeroy e Kirschman (GOLTERMAN et al., 1978); Ca^{2+} e Mg^{2+} , determinados por espectroscopia de absorção atômica; K^+ por espectrofotômetro de chama; P, por fotocolorimetria pelo método descrito por MURPHY & RILEY (1962); N, na forma de amônia, por meio de eletrodos da marca Orion, modelo 95-12; e os metais pesados: Zn, Co, Pb, Ni, Cr, Cd e Mn, (EMBRAPA, 1997), com leitura por espectroscopia de absorção atômica.

2.3.3 BIOLÓGICA

A DBO da água foi quantificada por meio da metodologia descrita por RUMP et al. (1992).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

3.1.1 PROPRIEDADE 01

Os valores médios de temperatura mensurados ao longo do período de coleta variaram entre 23 e 27°C (Figura 04) e apresentaram o mesmo comportamento. Esses valores encontram-se dentro da faixa de conforto (22 a 30°C) para as espécies de peixes criados nessa propriedade (FURTADO, 1995; CECARELLI et al., 2000).

Os valores médios da transparência da água ao longo do período de coleta (Figura 04), apresentaram em grande parte do período de estudo, valores inferiores a 30 cm, principalmente no Último Tanque. O comportamento dessa variável ao longo do tempo observado no Tanque 01 e no Tanque Intermediário foi o mesmo, sendo que o Último Tanque apresentou comportamento de declínio dos valores de transparência ao longo do período de coleta.

A turbidez média da água nos pontos de coleta, ao longo do período de

estudo apresentou o mesmo comportamento em todos os pontos de coleta (Figura 04). Os valores encontrados na Nascente estiveram abaixo dos valores observados nos demais pontos, com exceção do último dia de coleta.

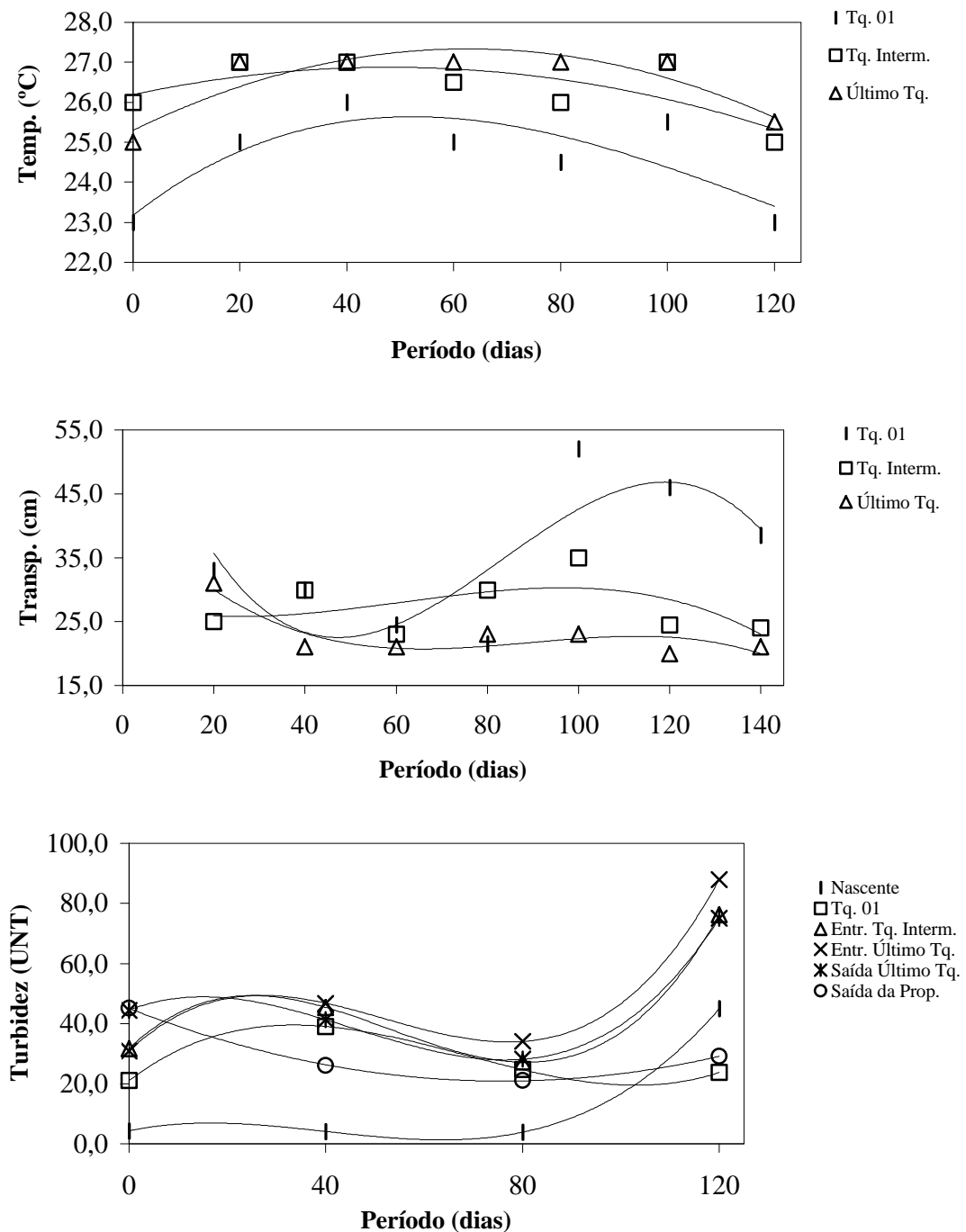


Figura 04 - Valores de temperatura, transparência e turbidez, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 01. Médias de 3 repetições.

Em relação à quantidade de sólidos totais na água observam-se dois comportamentos distintos entre os valores médios encontrados ao longo do período de coleta (Figura 05). O primeiro, seria o observado na Nascente, no Tanque 01, na Entrada do Tanque Intermediário e na Entrada do Último Tanque, onde se tem valores altos e baixos oscilando ao longo do período de coleta. O segundo, seria o observado nos valores médios da Saída do Último Tanque e da Saída da Propriedade, onde se tem um valor inicial mais elevado que os demais e após sofrer redução na segunda coleta, voltam a aumentar, de maneira branda, até o último dia de coleta.

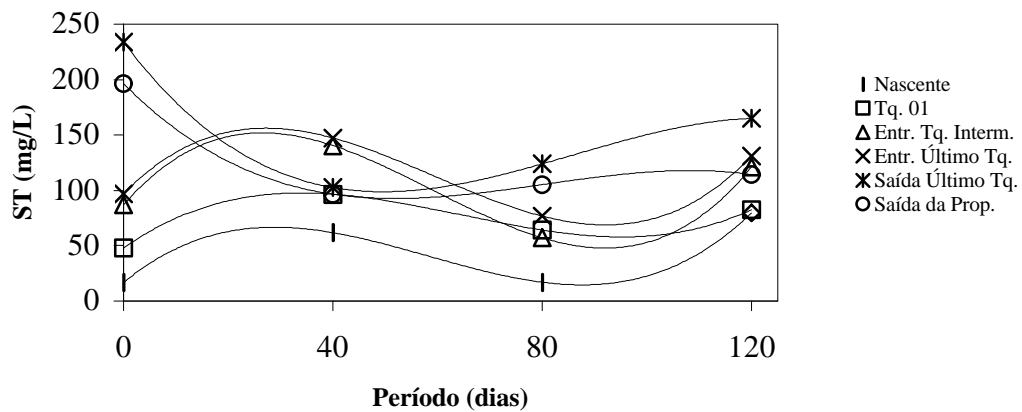


Figura 05 - Valores de sólido total, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 01. Médias de 3 repetições.

As médias de temperatura da água encontradas em cada ponto de coleta estão representadas no Quadro 01. Pode-se observar que a menor média foi encontrada no Tanque 01. Resultados semelhantes foram observados por MINUCCI (2001), que observou temperaturas variando de 16 a 24,5°C em análises da água da nascente até o seu efluente, após passagem pelos tanques de cultivo. O comportamento observado deve estar relacionado com a variação temporal na medição da temperatura, uma vez que, no Tanque 01, a leitura da temperatura da água foi realizada às 8:00 horas e a do Último Tanque às 11:00

horas. Nesse contexto, é provável que a temperatura da água no Último Tanque seja maior.

As médias de transparência da água encontradas em cada ponto de coleta estão representadas no Quadro 01. Nota-se uma tendência à diminuição da transparência da água, no sentido do Tanque 01 para o Último Tanque, indicando possível eutrofização da água no Último Tanque. A coloração levemente verde da água nos tanques também é um indicador da eutrofização local. Segundo CECCARELI et al. (2000), águas de coloração levemente verde indicam a presença de grande quantidade de algas ou fitoplâncton.

Segundo o mesmo autor, a baixa transparência dificulta o crescimento de várias espécies de peixes, afirmando que, espécies como pacu (*Piaractus mesopotamicus*), tambaqui (*Colossoma macropomum*), tambacu (*C. macropomum* x *P. mesopotamicus*) e piau (*Leporinus fasciatus*) podem apresentar crescimento satisfatório em águas turvas, com transparência em torno de 30 cm. Entretanto, não há relatos de bom desenvolvimento dos peixes em águas com transparência como as encontradas no Último Tanque dessa propriedade.

Quadro 01 - Valores de temperatura, transparência, turbidez e sólido total em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 01. Médias de 3 repetições

Pontos de Coleta	Temperatura* °C	Transparência* cm	Turbidez UNT	Sólido Total mg/L
Nascente	-	-	14,33	43,71
Tanque 01	24,57	35,07	27,10	72,75
Entr. Tq. Interm.	26,36	27,36	45,14	101,46
Entr. Último Tq.	26,50	22,86	49,93	113,08
Saída Último Tq.	-	-	47,26	156,42
Saída Propriedade	-	-	30,35	128,17

* Os resultados relativos à transparência e temperatura da água no Último Tanque serão apresentados apenas na linha referente à “Entrada Último Tanque” mesmo sendo essa leitura referente a todo o tanque.

A turbidez média da água em cada ponto de coleta apresentou comportamento de aumento de seus valores ao sair da Nascente e percorrer os tanques até a Entrada do Tanque Intermediário (Quadro 01), onde se manteve no mesmo patamar até a Saída do Último Tanque. Nessa propriedade, o fato do efluente do Último Tanque passar por uma área alagada com presença de macrófitas, acarretou diminuição da turbidez no ponto de Saída da Propriedade, o que provavelmente estaria ajudando na melhoria da qualidade da água. Com base nessa avaliação, pode se inferir que a passagem do efluente de uma propriedade por uma área alagada com presença de macrófitas pode ajudar na melhoria de seu efluente e conseqüentemente, diminuir seu impacto com relação à quantidade de sólidos dissolvidos na água. Os valores encontrados nesse estudo estão acima dos relacionados na literatura. ZANIBONI FILHO et al. (1997), analisando a nascente, a água de cultivo de peixes e efluente da lagoa de tratamento de água, observaram valores médios de 2,8; 7,1 e 14,2 UNT, respectivamente.

As médias de sólido total em cada ponto de coleta apresentaram-se com aumento gradativo ao longo dos pontos de coleta, e mais uma vez, há uma melhora na qualidade da água após passar pela área alagada (Quadro 01). Quanto a esse aspecto, pode-se observar que os valores de sólidos totais da água na Saída da Propriedade são menores que os encontrados na água de Saída do Último Tanque, mostrando que por algum mecanismo, houve a retenção ou sedimentação desse material ao percorrer esse caminho.

Os valores encontrados nesse estudo ficaram em algumas ocasiões abaixo do encontrado por COSTA NETO (1990), BOYD (1990), HOPKINS et al. (1993) e BOYD & TUCKER (1995) que obtiveram valores mínimos de 150 mg/L de sólidos totais em tanques de piscicultura. Porém, estão bem acima dos valores obtidos por MINUCCI (2001), que avaliou características da qualidade da água da nascente, dos tanques de criação e da saída, encontrando valores mínimos e máximos, de 0,0 a 18,67 mg/L para a nascente, 1,0 a 22,67 mg/L para os viveiros de criação e 0,67 a 21,83 mg/L nas saídas.

Segundo SZIKSZAY (1993), citado por FEITOSA et al. (1997), 1.500,0 mg/L é o limite de tolerância de sólidos totais na água, ou seja, os valores encontrados nesse trabalho ficaram bem abaixo daqueles toleráveis pelos peixes.

Vale ressaltar aqui algumas variações que ocorrem na turbidez e nos sólidos totais da água dentro de um mesmo tanque. Considerando que para essa propriedade, a água de Saída do Tanque Intermediário é a mesma que a água da Entrada do Último Tanque, pode-se fazer algumas inferências sobre a turbidez e os valores de sólidos totais encontrados. Primeiro, existe grande variação, tanto da turbidez quanto para os sólidos totais, da água da nascente e da água analisada no Tanque 01. Admitindo-se que nesse caso tem-se apenas um ambiente, com entrada de água (Nascente) e a saída de água (local do ponto de análise do Tanque 01), pode-se perceber o impacto negativo que a criação de peixes está provocando nessa propriedade, já no primeiro tanque, evidenciando que o represamento da água para criação de peixes proporciona alteração nessas características físicas da água.

Em relação aos valores de sólidos sedimentáveis na água, esses não variaram ao longo do tempo e nem nos pontos analisados, ficando sempre bem próximo de zero. BOYD (1978), encontrou também valores bem próximos de zero na água de drenagem de cultivo de bagre africano (*Ictalurus punctatus*), 0,08 ml/L, porém na água de despesca desse mesmo trabalho à quantidade de sólidos sedimentáveis aumentou significativamente, atingindo valores de 28,5 ml/L.

3.1.2 PROPRIEDADE 02

Os valores médios de temperatura mensurados ao longo do período de coleta variaram entre 24,5 e 28°C na ÁREA A e 24° e 29°C na ÁREA B (Figura 06). Esses valores encontram-se dentro da faixa de conforto (22 a 30°C) para as espécies de peixes criados nessa propriedade (FURTADO, 1995; CECARELLI et al., 2000).

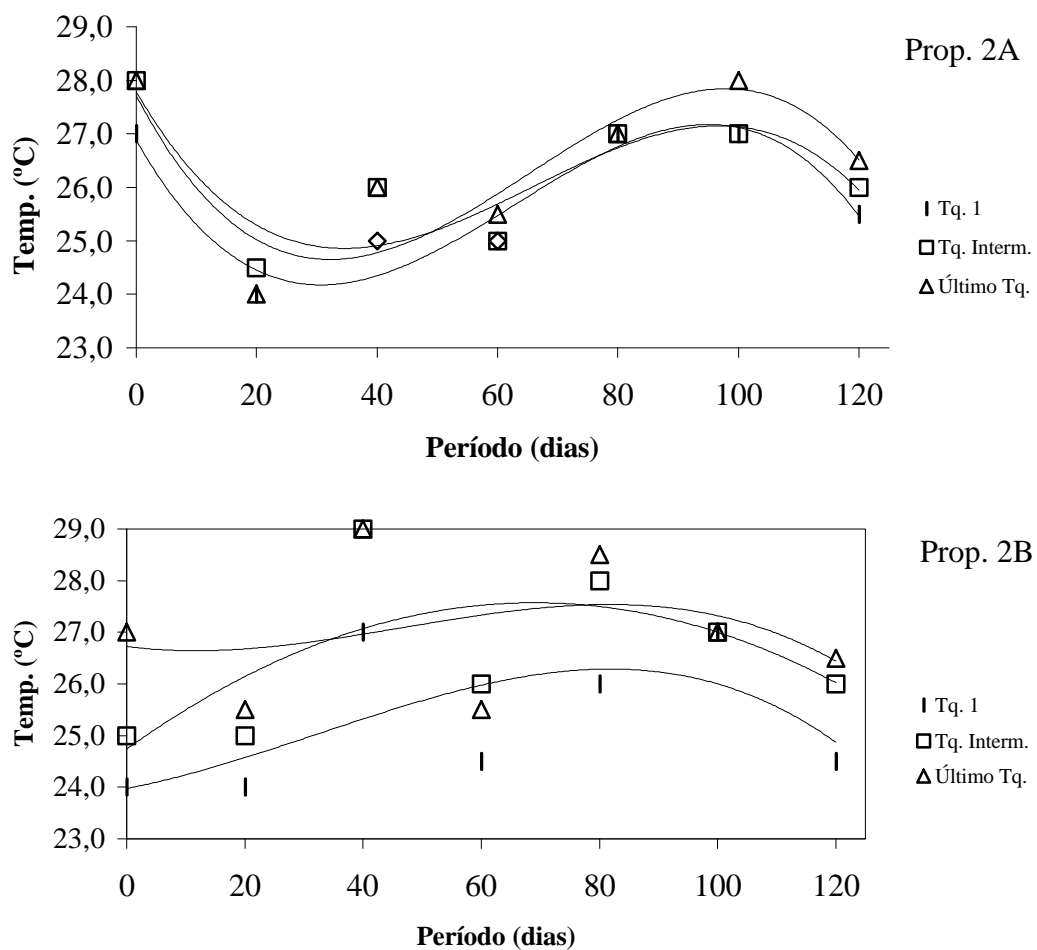


Figura 06 - Valores de temperatura, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 02, ÁREA A e ÁREA B. Médias de 3 repetições.

Os valores médios da transparência da água ao longo do período de coleta (Figura 07), apresentaram em grande parte do período de estudo, valores inferiores a 30 cm, principalmente no Último Tanque de cada área. A transparência da água apresentou comportamentos diversos em cada ponto analisado.

Nas duas áreas da propriedade, os valores médios de turbidez da água ao longo do estudo se apresentaram em patamares superiores no Último Tanque, tanto na entrada quanto na saída desse tanque (Figura 08), mostrando um impacto negativo maior nesse ponto de coleta.

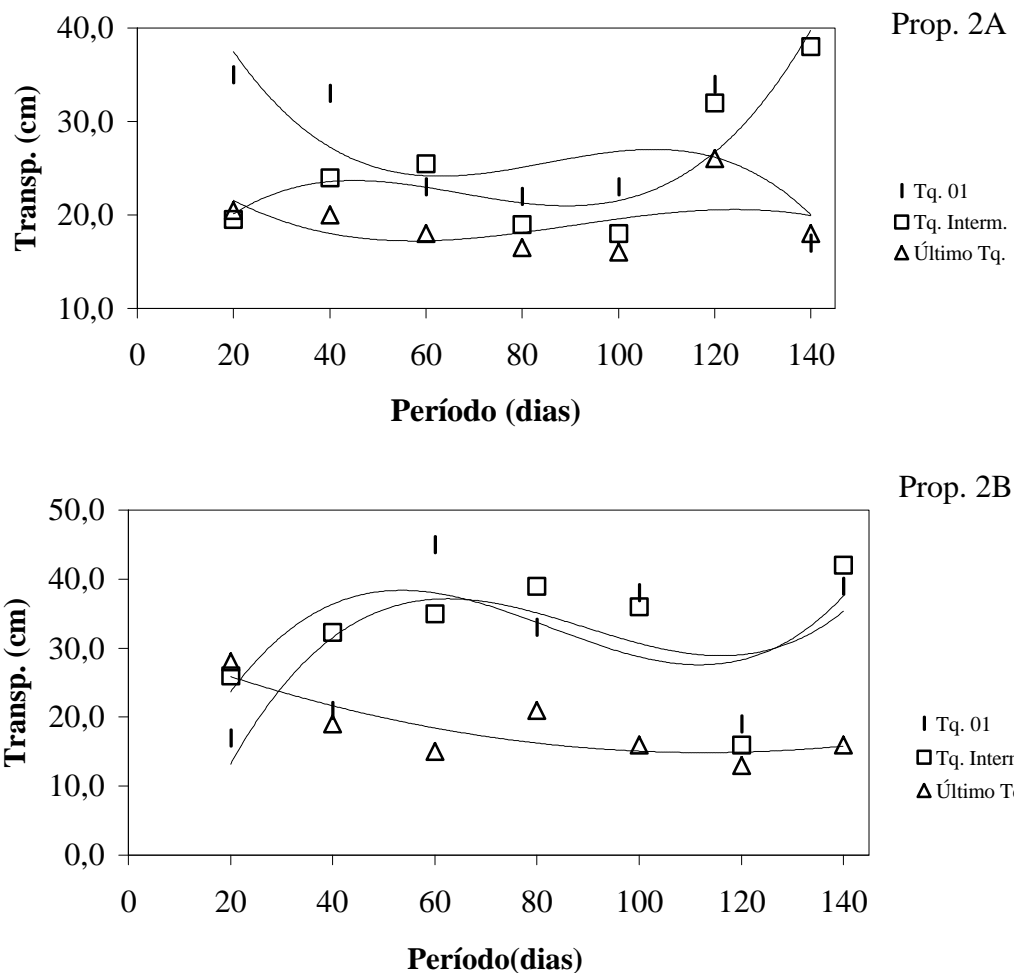


Figura 07 - Valores de transparência, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 02, ÁREA A e ÁREA B. Médias de 3 repetições.

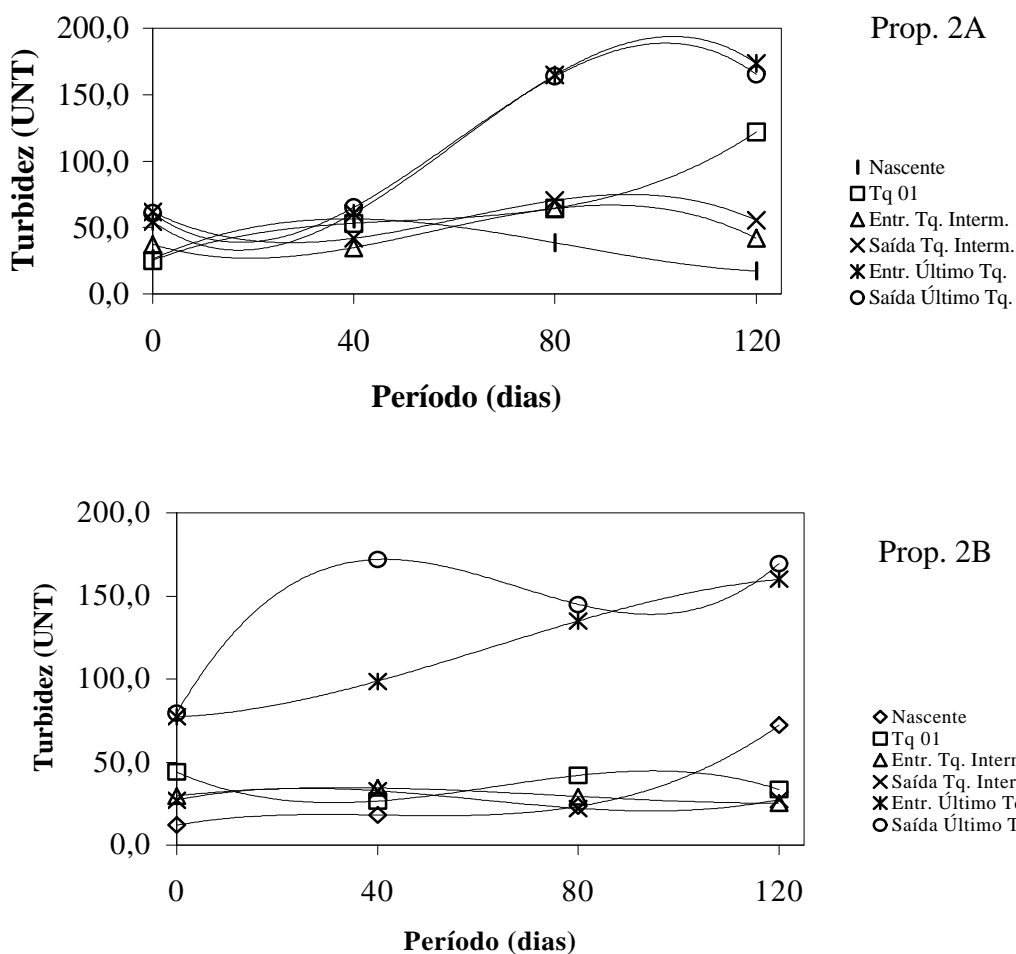


Figura 08 - Valores de turbidez, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 02, ÁREA A e ÁREA B. Médias de 3 repetições.

Os valores médios de sólidos totais na água ao longo do estudo na ÁREA A, estiveram sempre mais elevados nos dois pontos do Último Tanque (Figura 09), com exceção do primeiro dia de coleta. Já na ÁREA B, os valores médios ao longo do período de coleta foram sempre superiores nos dois pontos do Último Tanque (Figura 09).

As médias de temperatura da água encontradas em cada ponto de coleta na ÁREA A e ÁREA B dessa propriedade, estão representadas no Quadro 02 e 03, respectivamente. Pode-se notar que a menor média foi encontrada no Tanque 01 das duas áreas, pelas mesmas razões observadas na PROPRIEDADE 01.

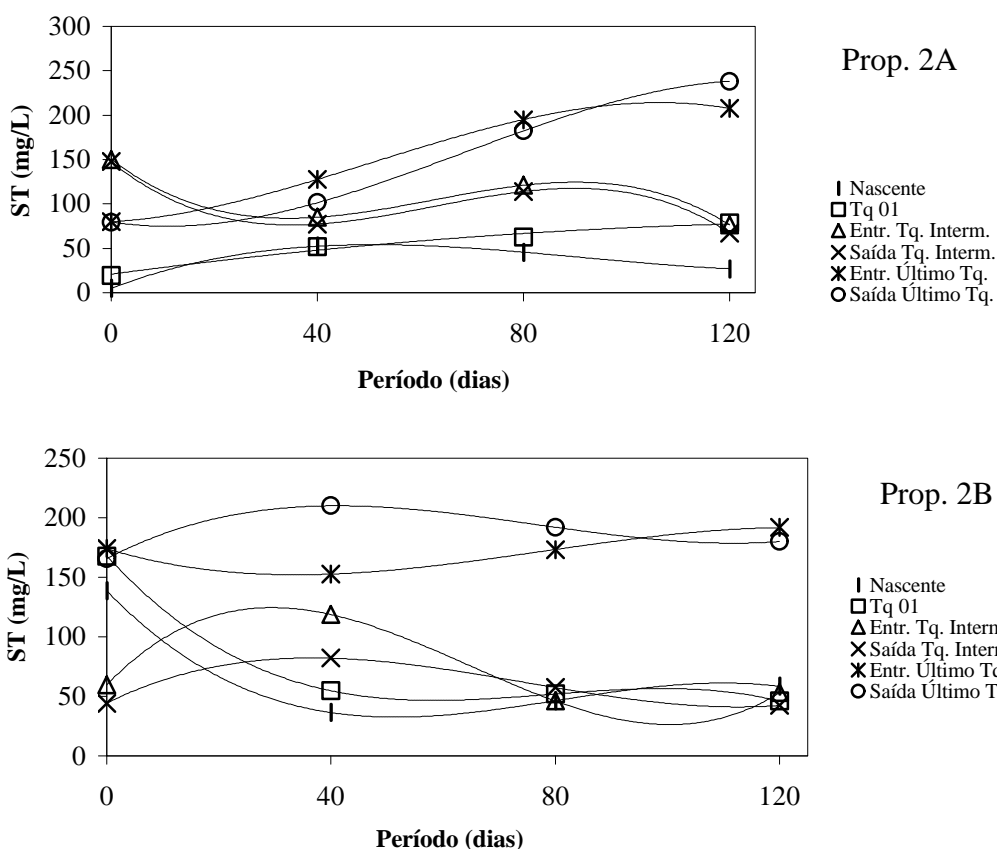


Figura 09 - Valores de sólido total, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 02, ÁREA A e ÁREA B. Médias de 3 repetições.

Quadro 02 - Valores de temperatura, transparência, turbidez e sólido total em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 02, ÁREA A. Médias de 3 repetições

Pontos de Coleta	Temperatura* °C	Transparência* cm	Turbidez UNT	Sólido Total mg/L
Nascente	-	-	34,62	32,50
Tanque 01	25,79	26,71	66,25	53,25
Entrada Tq. Interm.	26,21	25,14	44,60	108,12
Saída Tq. Interm.	-	-	57,38	101,54
Entrada Último Tq.	26,43	19,29	113,42	152,58
Saída Último Tq.	-	-	113,69	150,42

* Os resultados relativos à transparência e temperatura da água no Tanque Intermediário e no Último Tanque serão apresentados apenas na linha referente à “Entrada Tanque Intermediário e Entrada Último Tanque” mesmo sendo essa leitura referente a todo o tanque.

Quadro 03 - Valores de temperatura, transparência, turbidez e sólido total em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 02, ÁREA B. Médias de 3 repetições

Pontos de Coleta	Temperatura* °C	Transparência* cm	Turbidez UNT	Sólido Total mg/L
Nascente	-	-	31,42	69,92
Tanque 01	25,29	30,29	36,49	80,17
Entrada Tq. Interm.	26,57	32,33	29,66	69,33
Saída Tq. Interm.	-	-	27,38	56,50
Entrada Último Tq.	27,00	18,29	117,74	172,92
Saída Último Tq.	-	-	141,48	186,92

* Os resultados relativos à transparência e temperatura da água no Tanque Intermediário e no Último Tanque serão apresentados apenas na linha referente à “Entrada Tanque Intermediário e Entrada Último Tanque” mesmo sendo essa leitura referente a todo o tanque.

As médias de transparência da água encontradas em cada ponto de coleta na ÁREA A e ÁREA B dessa propriedade, estão representadas no Quadro 02 e 03, respectivamente. Nota-se que nas duas áreas estudadas, os valores de transparência da água se mantiveram em um mesmo patamar no Tanque 01 e no Tanque Intermediário, apresentando forte queda dos seus valores no Último Tanque, indicando possível eutrofização da água nesse último ponto. Os baixos valores de transparência encontrados nessa propriedade podem acarretar problemas sérios para a criação de peixes, pela queda brusca de oxigênio dissolvido na água à noite devido à morte das algas. No Último Tanque da ÁREA B, foi observada uma camada de cor verde musgo nas bordas, com aspecto de lodo, podendo caracterizar excesso de zooplâncton ou o fitoplâncton já em processo de decomposição.

Os valores médios de turbidez da água em cada ponto analisado na ÁREA A e ÁREA B, dessa propriedade, sofreram aumento ao sair da Nascente e chegar no Tanque 01, atingindo valores mais elevados ao chegar no Último Tanque (Quadro 02 e 03, respectivamente). A grande quantidade de material em suspensão que é lançado no córrego por essa propriedade

influencia diretamente as propriedades físicas como a transparência e a quantidade de sólidos e químicas como a quantidade de nutrientes na água e a condutividade elétrica, do riacho que recebe o efluente. Segundo o CONAMA, em sua RESOLUÇÃO Nº20, de 18 de Junho de 1986, a recomendação para a turbidez da água é de até 100 UNT, para águas da Classe II, que é a classe de água destinada à criação natural e/ou intensiva de espécies destinadas a alimentação humana (aquicultura). A turbidez da água nas duas áreas excede, em alguns casos, o valor dessa recomendação, o que torna pertinente, por parte do produtor, a busca de tecnologia de tratamento de seus efluentes.

Os sólidos totais médios encontrados em cada ponto de coleta na ÁREA A e ÁREA B dessa propriedade, sofreram aumento ao longo dos pontos analisados das duas áreas, atingindo o seu máximo no Último Tanque (Quadro 02 e 03, respectivamente), evidenciando maior problema referente a essa característica nesse Último Tanque, o que torna preocupante, do ponto de vista ambiental, o lançamento desse efluente diretamente nos rios.

A grande variação nos valores de turbidez e sólidos totais da água da Nascente para a água do Tanque 01 evidencia que, o represamento da água para criação de peixes, proporciona alteração nessas características físicas da água.

3.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E BIOLÓGICAS

3.2.1 PROPRIEDADE 01

Os valores médios de OD encontrados ao longo do período de coleta estão relacionados na Figura 10. Pode-se notar grande variação nos valores observados (1,6 a 10,8 mg/L de OD), com comportamentos diversos em cada ponto analisado. Deve-se também ressaltar os baixos níveis observados,

ficando diversas vezes abaixo do recomendado na RESOLUÇÃO CONAMA Nº20, de 18 de Junho de 1986, onde os níveis de OD na água não devem ser inferiores a 5 mg/L em águas de Classe II, ou seja, muitas vezes, os níveis de OD da água que está sendo lançada no riacho estiveram abaixo do recomendado por legislação.

Os valores médios de pH observados variaram em grande parte do tempo dentro de uma faixa levemente ácida e levemente básica, estando por diversas vezes perto da neutralidade (Figura 10), apresentando comportamentos diversos para cada ponto analisado. Os resultados estiveram dentro do recomendado pela RESOLUÇÃO CONAMA Nº20, de 18 de Junho de 1986, que indica pH entre 6,0 e 9,0 para as águas de Classe II.

Os valores de DBO encontrados, em diversos casos, ficaram acima do recomendado na RESOLUÇÃO CONAMA Nº20, de 18 de Junho de 1986, que é de no máximo 5 mg/L em águas de Classe II. Os valores médios de DBO ao longo do período de coleta se apresentaram inferiores na Nascente e no Tanque 01, tendo cada ponto de coleta um comportamento diferenciado (Figura 10).

Os valores de DQO observados ao longo do período de coleta sempre estiveram reduzidos na Nascente, no Tanque 01 e na Saída da Propriedade, sendo os demais pontos apresentando comportamento crescente ao longo do tempo, atingindo valores máximos na última coleta (Figura 11).

A condutividade elétrica média da água ao longo do período de coleta, mostrou comportamento de queda gradual nos pontos de coleta a partir da Entrada do Tanque Intermediário até a Saída da Propriedade, e comportamentos de queda brusca na Nascente e de acréscimo no Tanque 01 (Figura 11).

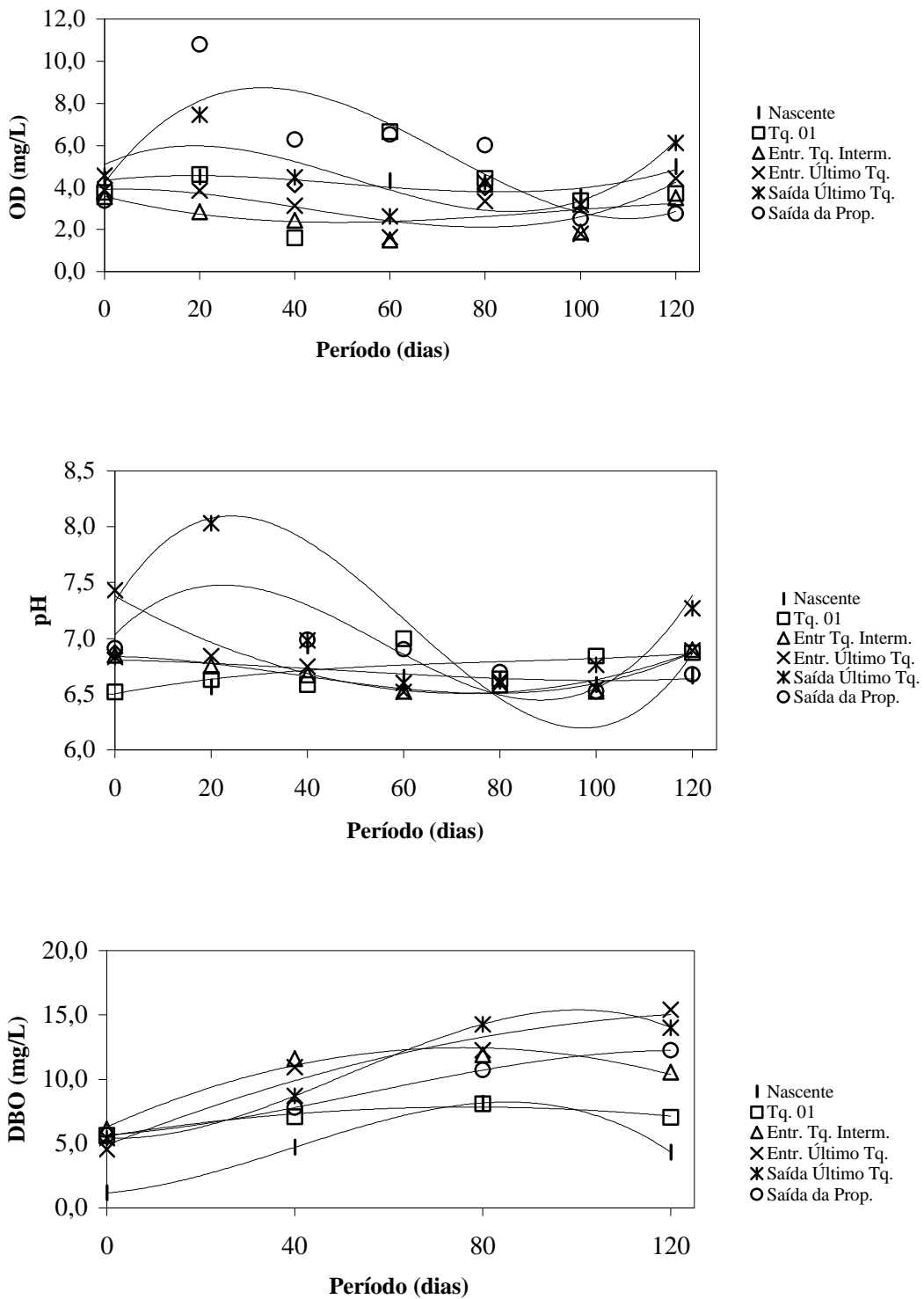


Figura 10 - Valores de oxigênio, pH e DBO, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 01. Médias de 3 repetições.

As concentrações médias de amônia ao longo do período de coleta apresentaram para todos os pontos, o mesmo comportamento, com variação numérica bem baixa (Figura 11). As concentrações médias observadas estiveram bem acima do recomendado pela RESOLUÇÃO CONAMA Nº20, de 18 de Junho de 1986, que é de 0,02 mg/L em águas da Classe II.

As concentrações médias de P na água ao longo do período de coleta apresentaram comportamentos diversos. Os valores na Nascente e no Tanque 01 oscilaram com o decorrer do tempo (Figura 11). Os demais pontos, com exceção da Saída da Propriedade tiveram aumento nos teores de P até a terceira data de coleta e sofreram pequena diminuição na última data. Já na Saída da Propriedade as concentrações de fósforo apresentaram diminuição gradual com o passar do tempo. As concentrações de P estiveram acima do recomendado pela RESOLUÇÃO CONAMA Nº20, de 18 de Junho de 1986, que é de no máximo 0,025 mg/L de P em águas da Classe II. Segundo BORBA et al. (1998), a concentração de P total adequada para a água de viveiros está entre 0,1 e 0,3 mg/L, valores esses em algumas ocasiões ultrapassados em alguns pontos de coleta desse estudo.

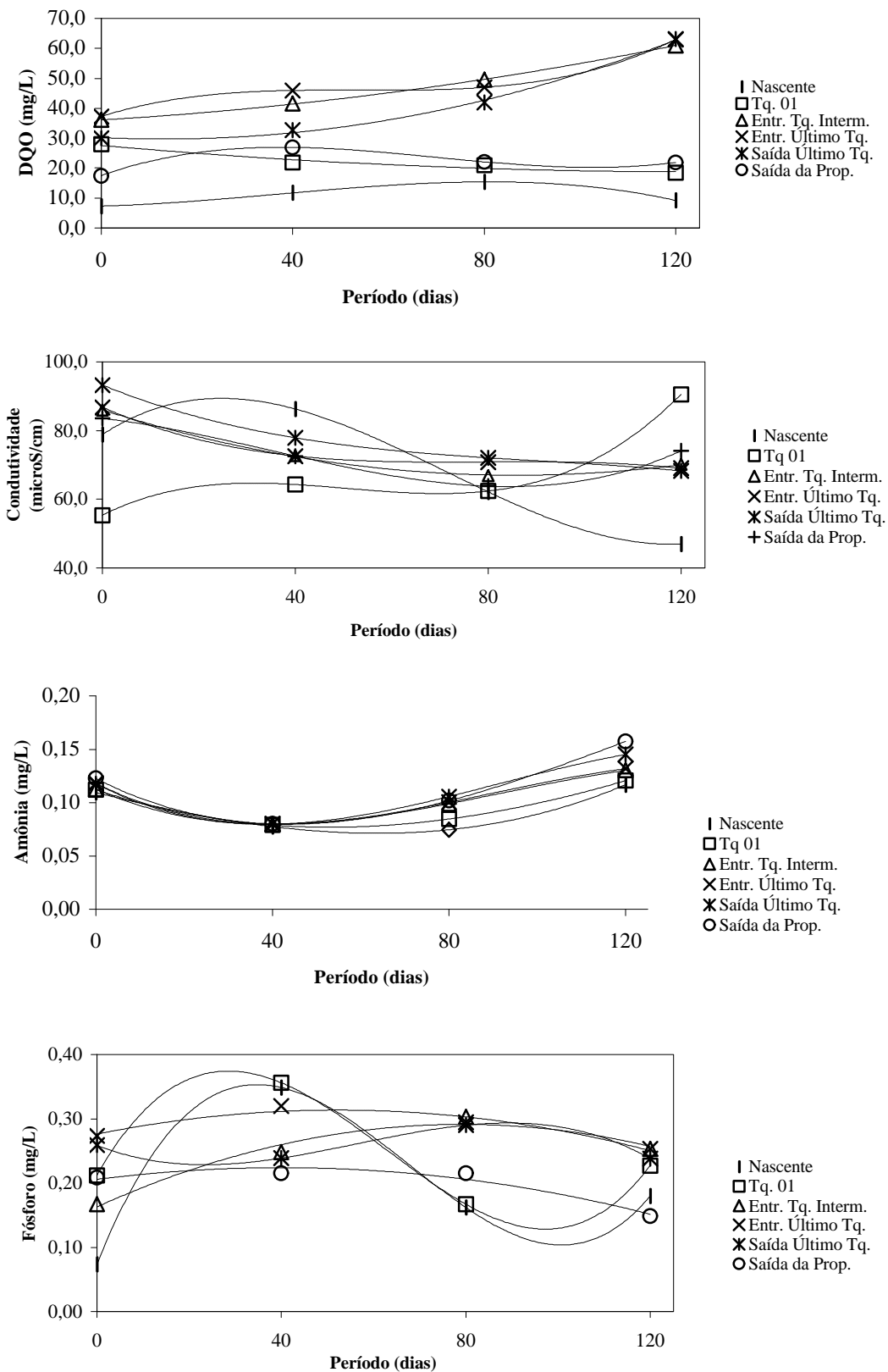


Figura 11 - Valores de DQO, condutividade elétrica, NH^{3+} e P, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 01. Médias de 3 repetições.

Os valores de OD observados em cada ponto de coleta, apresentaram comportamento de queda da Nascente para o Tanque Intermediário, com posterior aumento até a Saída da Propriedade (Quadro 04). O aumento ocorrido na passagem do Tanque Intermediário para a Entrada do Último Tanque, está relacionado com a queda d'água que existe na entrada desse tanque, provocando maior turbilhonamento da água e conseqüentemente incremento de OD. Dentro do Último Tanque, houve aumento na concentração de OD na água, que pode ter ocorrido pela atividade de fotossíntese das algas presentes em abundância na região do ponto de coleta, próximo à saída desse tanque. BOYD (1990) afirma que em tanques de cultivo, embora ocorra difusão do oxigênio atmosférico para a água, os processos biológicos como fotossíntese, respiração e decomposição são mais importantes na regulação desse gás do que os eventos físicos. Segundo ESTEVES (1988), a variação do nível de OD está diretamente relacionada com os processos de fotossíntese e respiração e/ou decomposição, que por sua vez estão relacionados com o fotoperíodo, a intensidade luminosa e a temperatura.

Os níveis de OD na água muitas vezes se apresentaram abaixo dos níveis recomendados para a criação de peixes. Segundo SZIKSZAY (1993) citado por FEITOSA et al. (1997), o limite de tolerância dos peixes, de uma forma geral, em relação ao OD, está em torno de 3,0 mg/L. Segundo BOYD (1997), quando a concentração de OD cai durante a noite abaixo de 3-4 mg/L, pode-se ter impactos negativos no crescimento e na sobrevivência dos peixes. O mesmo autor afirma que a maioria dos peixes consegue tolerar níveis de OD tão baixos quanto 2 mg/L, por períodos relativamente longos. CECCARELLI et al. (2000) destaca que o pacu (*Piaractus mesopotamicus*), o tambaqui (*Collossoma macropomum*), o tambacu (*C. macropomum* x *P. mesopotamicus*) e o piau (*Leporinus fasciatus*) apresentam crescimento satisfatório com o oxigênio dissolvido acima de 3,5 mg/L de OD, o que muitas vezes não foi alcançado nos tanques analisados neste estudo. MINUCCI (2001) analisando a água da nascente, a água do viveiro e a água de saída, encontrou valores

mínimos de 4,42, 3,75 e 4,91, valores máximos de 6,60, 8,63 e 8,53 e valores médios de 5,53, 6,79 e 6,69 mg/L nos três respectivos pontos, avaliando diferentes densidades de piaçu (*Leporinus macrocephalus*).

Quadro 04 - Valores de oxigênio dissolvido, pH, DBO e DQO, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 01. Médias de 3 repetições

Pontos de Coleta	OD mg/L	pH	DBO mg/L	DQO
Nascente	4,27	6,70	4,59	10,32
Tanque 01	4,03	6,73	6,97	22,28
Entrada Tq. Intermediário	2,83	6,68	10,04	47,06
Entrada Último Tanque	3,15	6,80	10,77	48,32
Saída Último Tanque	4,67	7,01	10,61	41,91
Saída da Propriedade	5,46	7,14	9,10	22,12

Os valores médios de pH da água em cada ponto de coleta estiveram sempre dentro da faixa recomendada, que é de 6,5 a 8,0 (DELINCÉ, 1992), mantendo-se dentro de um mesmo patamar até atingir valores máximos na Saída do Último Tanque e na Saída da Propriedade (Quadro 04). Segundo MAIER (1987), as águas dos rios brasileiros têm pH com tendência de neutro à ácida, o que foi confirmada no atual estudo em relação aos valores obtidos nas nascentes. Para CECCARELLI et al. (2000), o pacu (*Piaractus mesopotamicus*), o tambaqui (*Colossoma macropomum*), o tambacu (*C. macropomum* x *P. mesopotamicus*) e o piaçu (*Leporinus fasciatus*) apresentam crescimento satisfatório em pH de 6,5 a 9,0. O pH da água nesse estudo esteve sempre dentro dessa faixa de conforto dos peixes, não se mostrando como parâmetro de interferência no crescimento e desenvolvimento dos peixes. MINUCCI (2001) analisando as águas da nascente até a saída da propriedade em viveiros com diferentes densidades de estocagem de piaçu, encontrou

valores mínimos e máximos de 6,5 e 7,44 nas nascentes, 6,94 e 9,7 nos viveiros e 6,62 e 9,9 nas saídas.

A DBO e a DQO média da água em cada ponto de coleta, apresentaram grande elevação ao sair da Nascente e chegar no Tanque 01, e ao sair desse ponto e chegar na Entrada do Tanque Intermediário (Quadro 04). Após esse ponto, os valores de DBO da água permaneceram em níveis altos, sofrendo pequena queda ao chegar na Saída da Propriedade, após a passagem pela área com macrófitas. Já os valores de DQO ficaram bem abaixo na Saída da Propriedade em relação ao ponto anterior de coleta, mostrando mais uma vez a capacidade de melhoria da qualidade da água ao passar pela área com macrófitas.

Os valores de DBO estiveram dentro do patamar encontrado na literatura. BOYD, (1978), analisando a qualidade dos efluentes produzidos por tanques de engorda de bagre americano (*Ictalurus punctatus*) durante a drenagem de cerca de 95% da água do viveiro e a posterior despesca com redes de arrasto, encontrou valores de DBO durante a drenagem de 4,31 mg/L e após a despesca de 28,9 mg/L. MATOS et al. (2000) observaram valores médios de 16,33 mg/L de DBO em pisciculturas de Santa Catarina.

Os resultados de DQO encontrados estiveram dentro da faixa descrita na literatura. BOYD (1978), analisando a qualidade do efluente produzido por tanques de engorda de bagre americano (*Ictalurus punctatus*), encontrou valores de DQO na ordem de 30,2 mg/L durante a drenagem de 95% da água, e valores de 324 mg/L na água em que foi feita a despesca com rede de arrasto. MATOS (2000), estudando pisciculturas de Santa Catarina, obteve valores de DQO entre 19,09 e 38,42 mg/L.

Vale ressaltar uma característica que pode ser avaliada comparando a relação entre os valores de DQO e DBO, que é a recalcitrância do material estudado. Quando a relação DQO:DBO é menor que 3,0, pode-se dizer que esse é um material mais biodigestível, com fácil digestibilidade pelos microrganismos, e quando essa relação é maior que 4,0, pode-se dizer que esse

é um material mais recalcitrante, de difícil decomposição na natureza. Fazendo essa relação para os valores médios encontrados, pode-se observar que apenas os pontos de coleta no Tanque Intermediário e na Entrada do Último Tanque, obtiveram valores próximos ou acima de 4,0, mostrando que essas águas possuem material mais recalcitrante. Na Saída da Propriedade tem-se relação próxima de 2,0, indicando que o material que está sendo descartado no rio a jusante é mais biodegradável, ficando mais fácil de decompô-lo e restabelecer os padrões normais de qualidade da água. Uma explicação para tal comportamento é a possibilidade da matéria orgânica que entra dentro do sistema de criação do Último Tanque já estar vindo dos demais tanques “semi-decomposta”, influenciando a relação DQO:DBO final.

Os valores de condutividade elétrica da água em cada ponto de coleta, se apresentaram dentro de um mesmo patamar, com poucas variações (Quadro 05). Novamente, ao passar pela área com macrófitas, a qualidade da água melhorou, reduzindo os níveis de condutividade elétrica da mesma. Em água doce, pode-se relacionar o valor da condutividade elétrica com as concentrações dos principais íons determinantes da salinidade como: cálcio, magnésio, sódio, potássio, carbonatos, sulfatos e cloreto. Para água de piscicultura, valores de 20 a 70 mS/cm, devem ser esperados (PÁDUA, 2002c). Pode-se perceber que os valores encontrados nesse estudo estiveram sempre abaixo dos citados pelo referido autor. Para TAVARES (1995), quando os valores de condutividade elétrica são altos, indicam grau de decomposição elevado e o inverso indica acentuada produção primária.

Muitos trabalhos apresentam resultados dentro do patamar observado nesse estudo, como os desenvolvidos por ZANIBONI FILHO et al. (1997), que encontraram valores médios de 38,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na água de abastecimento de piscicultura, 55,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na água do tanque de cultivo e 42,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no efluente da lagoa de tratamento. MINUCCI (2001) realizando análise liminológica da nascente ao efluente de viveiros estocados com diferentes densidades de piaçu (*Leporinus fasciatus*), encontrou valores entre 61,0 e

65,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na nascente, 53,0 e 87,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ nos viveiros e 52,0 e 86,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na saída dos tanques.

Quadro 05 - Valores de condutividade, amônia e ferro, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 01. Médias de 3 repetições

Pontos de Coleta	Condutividade $\mu\text{S}/\text{cm}$	Amônia mg/L	Ferro
Nascente	68,58	0,095	2,11
Tanque 01	68,16	0,099	3,99
Entrada Tq. Interm.	73,89	0,105	2,15
Entrada Último Tq.	74,82	0,108	2,35
Saída Último Tq.	77,87	0,112	1,79
Saída da Propried.	73,50	0,116	1,93

A amônia em cada ponto de coleta, sofreu aumento gradativo, com valores muito próximos uns dos outros (Quadro 05). Pode-se perceber que no caso da amônia, a área alagada com presença de macrófitas não influenciou nas concentrações médias finais, pelo contrário, a concentração aumentou um pouco no ponto de Saída da Propriedade. Os valores de amônia encontrados ficaram sempre abaixo daqueles considerados subletais ou letais para os peixes. Segundo PROENÇA e BITTENCOURT (1994) valores subletais são aqueles onde os teores de amônia se encontram na faixa entre 0,4 a 2,5 mg/L, sendo que, para KUBITZA (1998), os valores de amônia na faixa entre 0,70 e 2,40 mg/L são letais aos peixes. Os autores acima concordam que concentração abaixo de 0,05 mg/L é a considerada ideal para o desenvolvimento dos peixes, ou seja, apesar dos valores encontrados não estarem dentro da faixa ideal, eles também nunca estiveram dentro da faixa subletal ou letal. Alguns dados de literatura estão dentro dos patamares encontrados nesse trabalho. CHRISTOPHER et al. (2000) trabalhando com tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) observaram valores de 0,02 a 0,37

mg/L de amônia. AYROZA (2000) caracterizando alguns aspectos limnológicos de viveiros de criação de tilápia do Nilo no Vale do Paranapanema, observou concentrações de amônia na faixa de 0,02 a 2,5 mg/L. Outros resultados encontrados na literatura indicam concentrações de amônia menores na água em relação ao que foi encontrado nesse estudo. ZANIBONI FILHO et al. (1997) observaram valores médios de 12,8 µg/L na água de abastecimento de uma piscicultura do sistema semi-intensivo, 86,3 µg/L na água dos viveiros e 22,2 µg/L no efluente da lagoa de tratamento. MINUCCI (2001) analisando as características da água sobre diferentes densidades de piaçu (*Leporinus fasciatus*), desde a nascente até o efluente, encontrou valores mínimos, máximos e médios de 9,93, 63,09 e 37,99 µg/L nas águas da nascente, 0,0, 205,93 e 26,6 µg/L nas águas do viveiro e 0,0, 180,6 e 23,23 µg/L nos efluentes, respectivamente.

As médias de Fe na água em cada ponto de coleta apresentaram pico elevado no Tanque 01 (Quadro 05). Após esse ponto, as concentrações de ferro voltam aos patamares encontrados na Nascente e assim permanecem até o último ponto analisado. Os valores encontrados nesse estudo estiveram, muitas vezes, dentro do observado por DEMÉTRIO (2000), que analisando pisciculturas do Paraná, encontrou valores entre 0,5 e 3,6 mg/L de Fe na água. Já PUERARI (1999) analisando a água do Reservatório Superficial Chile, no Ceará, observou valores menores de Fe na água, entre 0,02 e 0,04 mg/L.

As médias de P em cada ponto de coleta sofreram aumento logo no Tanque 01, provavelmente devido à adubação realizada nesse tanque (Quadro 06). A partir desse ponto, os valores oscilaram até sofrerem decréscimo ao passar na área com macrófitas. Os resultados encontrados nesse estudo estiveram dentro dos patamares encontrados na literatura. CHRISTOPHER et al. (2000) trabalhando com tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) observou valores de 0,03 a 0,85 mg/L de P, e ELER (2000) encontrou valor máximo de 0,346 mg/L de P total em águas de viveiros em São Carlos-SP. Outros trabalhos publicados encontraram valores de P total mais elevados, como o de

GREEN et al. (1994), que observaram níveis de 5 mg/L em viveiros de produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) recebendo aplicações de cama de frango em doses acima de 500 kg de matéria seca/ha/semana. MATOS et al. (2000) observaram teores entre 0,66 e 2,37 mg/L de P em pisciculturas de Santa Catarina. Alguns outros trabalhos apontam para níveis mais baixos de P na água, como os de MEDRI et al. (1998), que obtiveram valor médio de 55,7 µg/L em criações de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), e MINUCCI (2001) que analisando alguns parâmetros limnológicos da água de criação de piauçu (*Leporinus fasciatus*), com diferentes densidades, encontrou valores mínimos de 16,7, 21,97 e 20,08 µg/L de P na água da nascente, na água do viveiro e no efluente, respectivamente, valores máximos de 69,54, 276,16 e 207,66 µg/L de P na água da nascente, na água do viveiro e no efluente, respectivamente, e valores médios nesses pontos de 35,67, 64,43 e 65,20 µg/L.

Quadro 06 - Valores de P, Mg, Ca e K, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 01. Médias de 3 repetições

Pontos de Coleta	P	Mg	Ca	K
		mg/L		
Nascente	0,191	10,43	2,45	0,80
Tanque 01	0,241	12,44	2,35	1,38
Entrada Tq. Interm.	0,243	10,85	1,79	2,70
Entrada Último Tq.	0,285	11,11	1,88	3,00
Saída Último Tq.	0,256	11,79	2,01	2,99
Saída da Propried.	0,197	10,24	1,71	2,64

As médias de Mg na água em cada ponto de coleta sofreram redução na Entrada do Tanque Intermediário, aumentando até o ponto de Saída do Último Tanque, onde após sua passagem pela área com macrófitas, a água passa a ter

os menores teores de Mg em relação aos demais pontos analisados (Quadro 06).

A concentração média de Ca na água em cada ponto de coleta, sofreu aumento logo no Tanque 01 (Quadro 06). Após esse ponto, os valores de Ca se apresentaram menores, com elevação gradual a partir da Entrada do Tanque Intermediário até a Saída do Último Tanque. Ao chegar na Saída da Propriedade, os teores de Ca diminuíram após a passagem da água pela área de macrófitas.

As concentrações médias de K na água em cada ponto de coleta apresentaram comportamento de crescimento gradual ao longo dos pontos analisados (Quadro 06). Observa-se um decréscimo nos níveis de K na água ao se analisar a Saída da Propriedade, influenciados pela área com macrófitas anterior a esse ponto de coleta. Os valores observados nesse estudo estiveram muitas vezes dentro da faixa observada por PUERARI (1999), que encontrou valores entre 11 e 23 mg/L de Ca na água, porém sempre acima do observado por DEMÉTRIO (2000), que analisando pisciculturas do Paraná, observou valores entre 0,72 e 2,24 mg/L de Ca na água, porém abaixo dos encontrados por DEMÉTRIO (2000), que analisando pisciculturas do Paraná, observou valores máximos de 5,44 mg/L de K na água.

Os valores médios de Mn na água em cada ponto de coleta, apresentaram comportamento de queda ao longo dos pontos de coleta, com exceção da Entrada do Último Tanque que sofreu pequeno aumento nos teores de Mn em relação à Entrada do Tanque Intermediário (Quadro 07). Os valores médios de Mn estiveram sempre abaixo do recomendado pela RESOLUÇÃO CONAMA N°20, de 18 de Junho de 1986, que é de 0,1 mg/L em águas de Classe II. Os valores observados nesse estudo estiveram abaixo do encontrado por DEMÉTRIO (2000), onde analisando pisciculturas do Paraná, observou valores máximos de 0,148 mg/L de Mn na água.

Os valores médios de Zn na água em cada ponto de coleta, com exceção do observado na Entrada do Tanque Intermediário, estiveram sempre em um

mesmo patamar (Quadro 07). Os teores mais elevados observados na Entrada do Tanque Intermediário podem ter sido influenciado por alguma contaminação pontual, porém mesmo assim, as concentrações médias de Zn estiveram sempre abaixo do recomendado pela RESOLUÇÃO CONAMA Nº20, de 18 de Junho de 1986, que é de 0,18 mg/L em águas de Classe II.

Os outros metais pesados analisados, como o Cu, Cd, Cr, Pb e Ni, não foram detectados em nenhuma amostra durante todo o período de execução do projeto.

Quadro 07 - Valores de manganês e zinco, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 01. Médias de 3 repetições

Pontos de Coleta	Mn	Zn
	mg/L	
Nascente	0,0854	0,0129
Tanque 01	0,0900	0,0266
Entrada Tanque Intermediário	0,0542	0,1569
Entrada Último Tanque	0,0671	0,0038
Saída Último Tanque	0,0529	0,0125
Saída da Propriedade	0,0279	0,0067

3.2.2 PROPRIEDADE 02

Os valores médios de OD encontrados ao longo do período de coleta nas duas áreas estudadas estão relacionados na Figura 12. Pode-se observar grande variação nos valores observados (1,0 a 6,8 mg/L de OD), com comportamentos diversos em cada ponto analisado. Deve-se ressaltar também os baixos níveis observados, ficando diversas vezes abaixo do recomendado na RESOLUÇÃO CONAMA Nº20, de 18 de Junho de 1986, onde os níveis de OD na água não devem ser inferiores a 5 mg/L em águas de Classe II, ou

seja, muitas vezes, os níveis de OD da água que está sendo lançada no riacho estiveram abaixo do recomendado pela legislação.

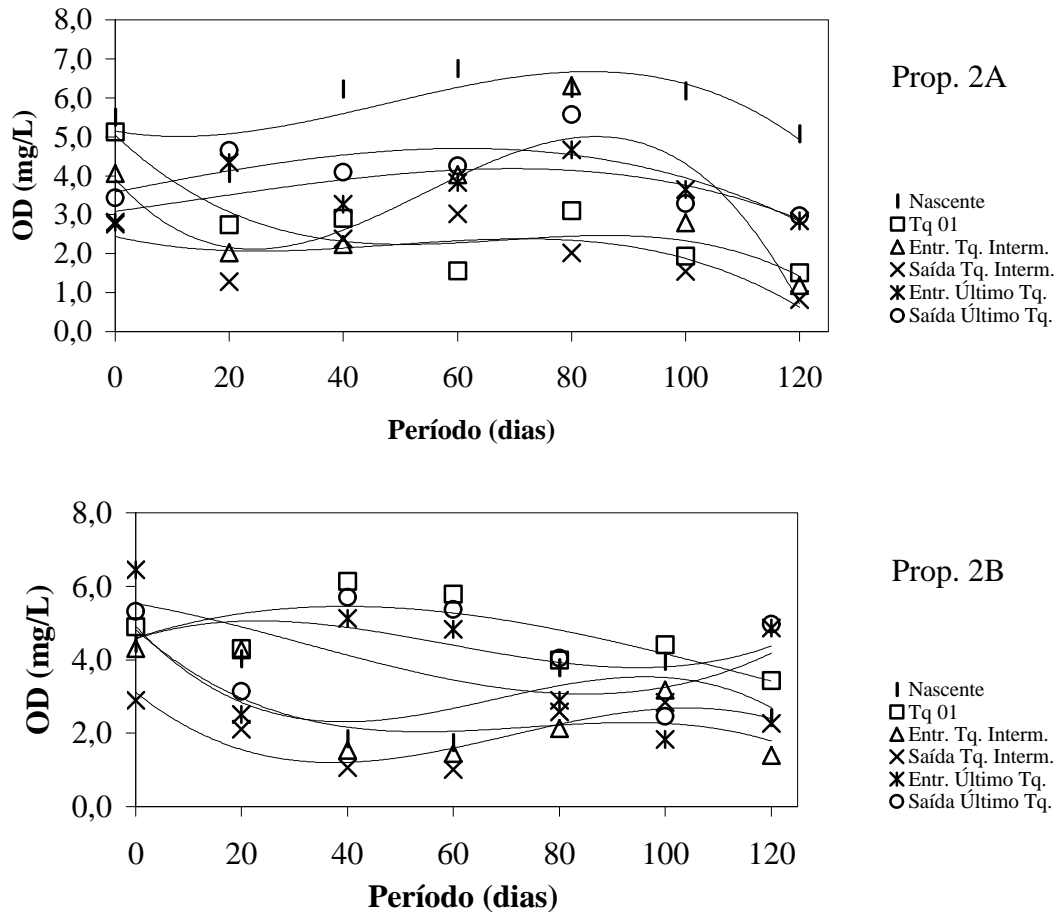


Figura 12 - Valores de oxigênio dissolvido, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 02, ÁREA A e ÁREA B. Médias de 3 repetições.

Os valores médios de pH na ÁREA A e ÁREA B, variaram em grande parte do tempo, dentro de uma faixa levemente ácida e levemente básica, estando por diversas vezes perto da neutralidade (Figura 13), apresentando comportamentos diversos para cada ponto analisado. Os resultados estiveram dentro do recomendado pela RESOLUÇÃO CONAMA N°20, de 18 de Junho de 1986, que indica pH entre 6,0 e 9,0 para as águas de Classe II.

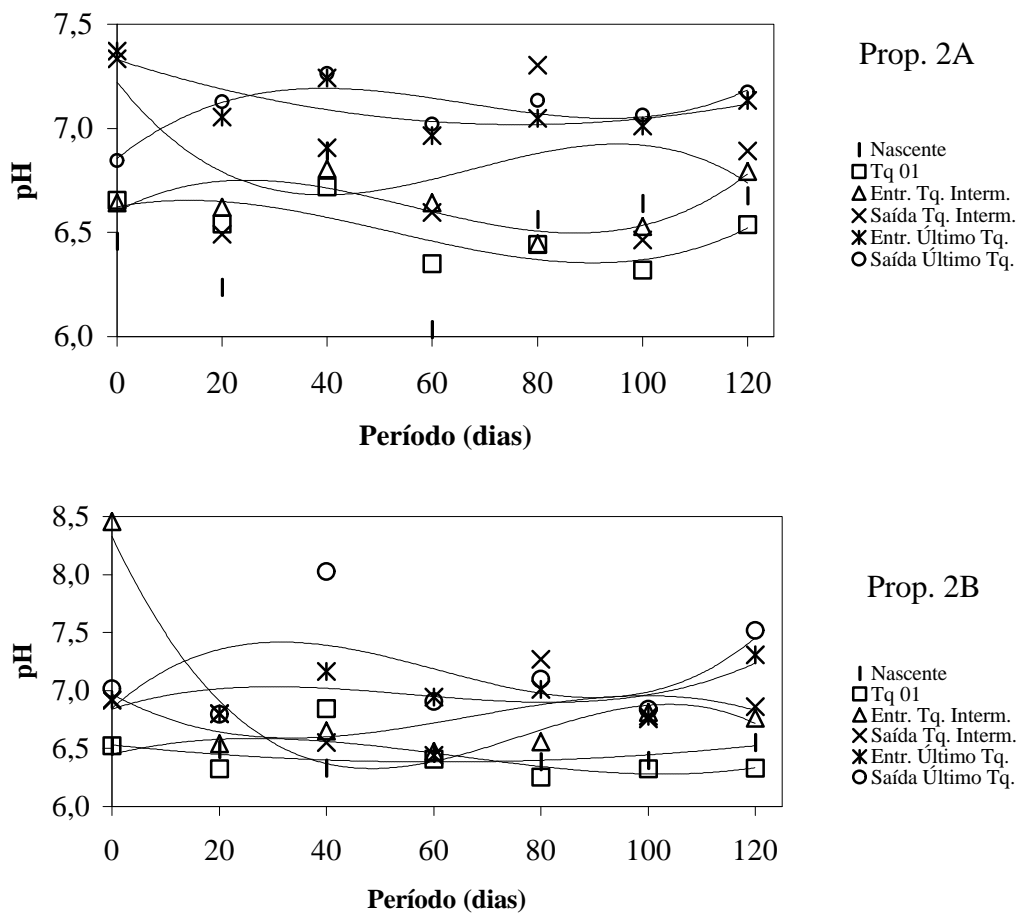


Figura 13 - Valores de pH, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 02, ÁREA A e ÁREA B. Médias de 3 repetições.

Os valores de DBO na ÁREA A, apresentaram comportamento bem semelhante ao longo do período de coleta, com exceção dos pontos da Nascente e da Saída do Último Tanque (Figura 14). Na ÁREA B, os valores de DBO apresentaram comportamentos diferenciados para os dois últimos pontos (Figura 14), que atingiram valores superiores aos demais. Nos demais pontos analisados, houve um pequeno acréscimo dos valores de DBO ao longo do tempo. Os valores de DBO encontrados nas duas áreas, por diversas vezes, ficaram acima do recomendado na RESOLUÇÃO CONAMA N°20, de 18 de Junho de 1986, que é de no máximo 5 mg/L em águas de Classe II, o que pode causar impacto ao corpo d'água que receber esse efluente.

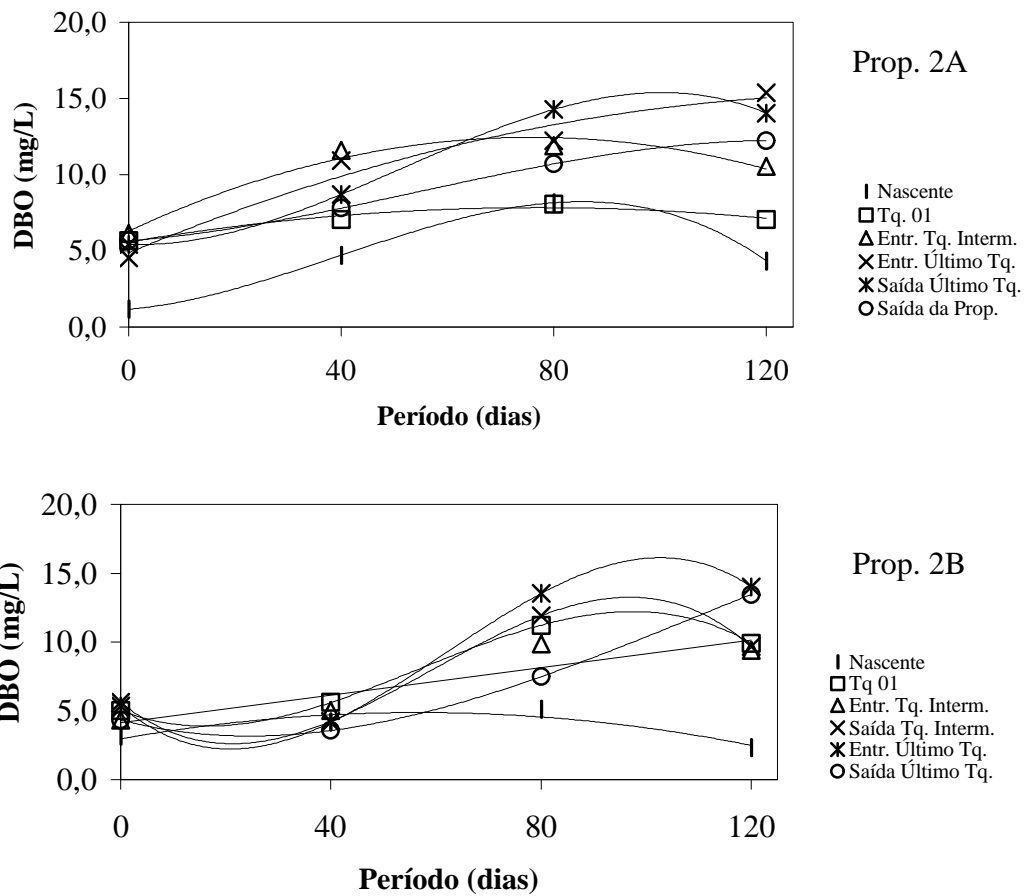


Figura 14 - Valores de DBO, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 02, ÁREA A e ÁREA B. Médias de 3 repetições.

Os valores de DQO ao longo do período de coleta na ÁREA A, apresentaram comportamento diferenciado para cada ponto analisado (Figura 15), tendo a Entrada do Último Tanque e a Saída do Último Tanque o mesmo comportamento de acréscimo dos valores a partir da segunda coleta. Na ÁREA B, a DQO também apresentou dois grupos diferenciados de comportamento. O primeiro abrange da Nascente até a Saída do Tanque Intermediário que apresentaram comportamento de ligeira queda com o passar do tempo, com valores bem menores se comparado com o segundo grupo, que estão os dois pontos do Último Tanque (Figura 15).

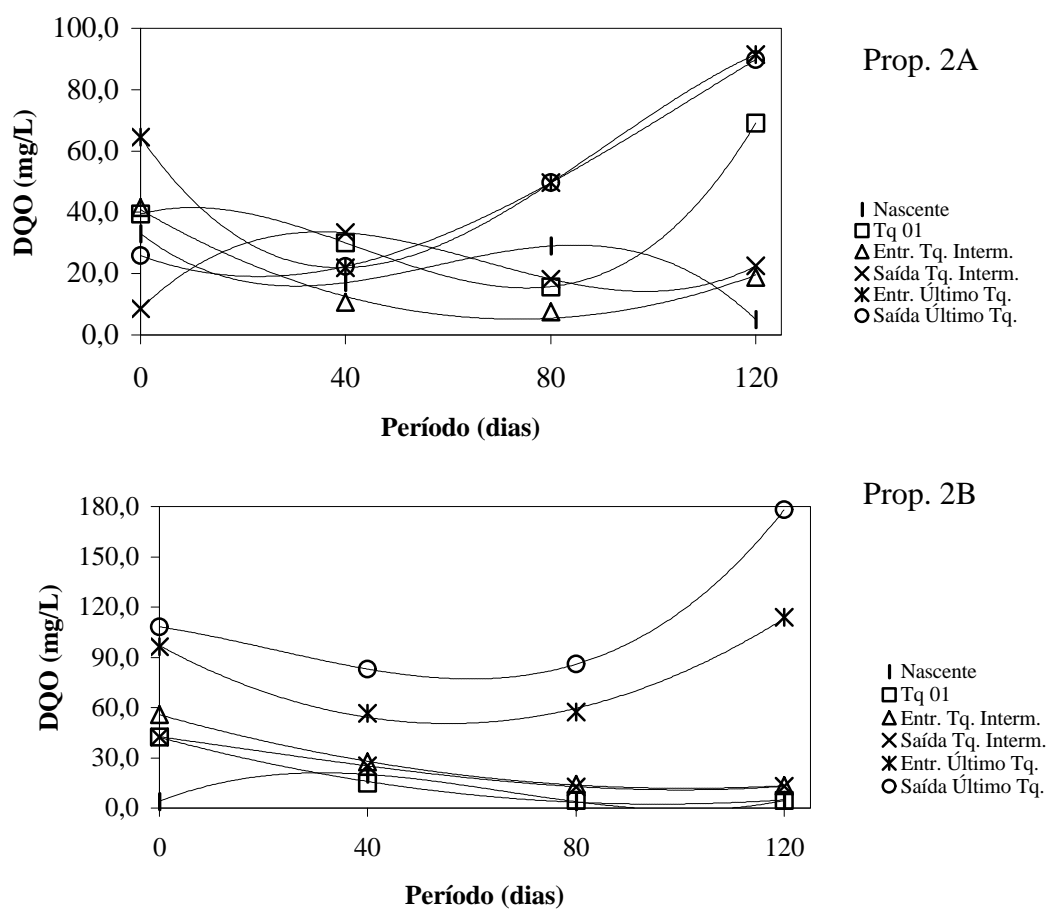


Figura 15 - Valores de DQO, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 02, ÁREA A e ÁREA B. Médias de 3 repetições.

A condutividade elétrica da água ao longo do período de coleta na ÁREA A, apresentou dois grupos de comportamento distintos. A Nascente e o Tanque 01 fazem parte do grupo nos quais foram observados valores mais baixos e praticamente inalterados ao longo do tempo, e os demais pontos fazem parte de um segundo grupo de comportamento, oscilando com o tempo (Figura 16). Na ÁREA B, assim como ocorrido na ÁREA A, os valores de condutividade elétrica ao longo do período de coleta se dividem em dois grupos de comportamento distintos, onde mais uma vez, a Nascente e o Tanque 01 apresentaram valores mais baixos e praticamente inalterados e os demais pontos apresentaram comportamento diversos ao longo do tempo (Figura 16).

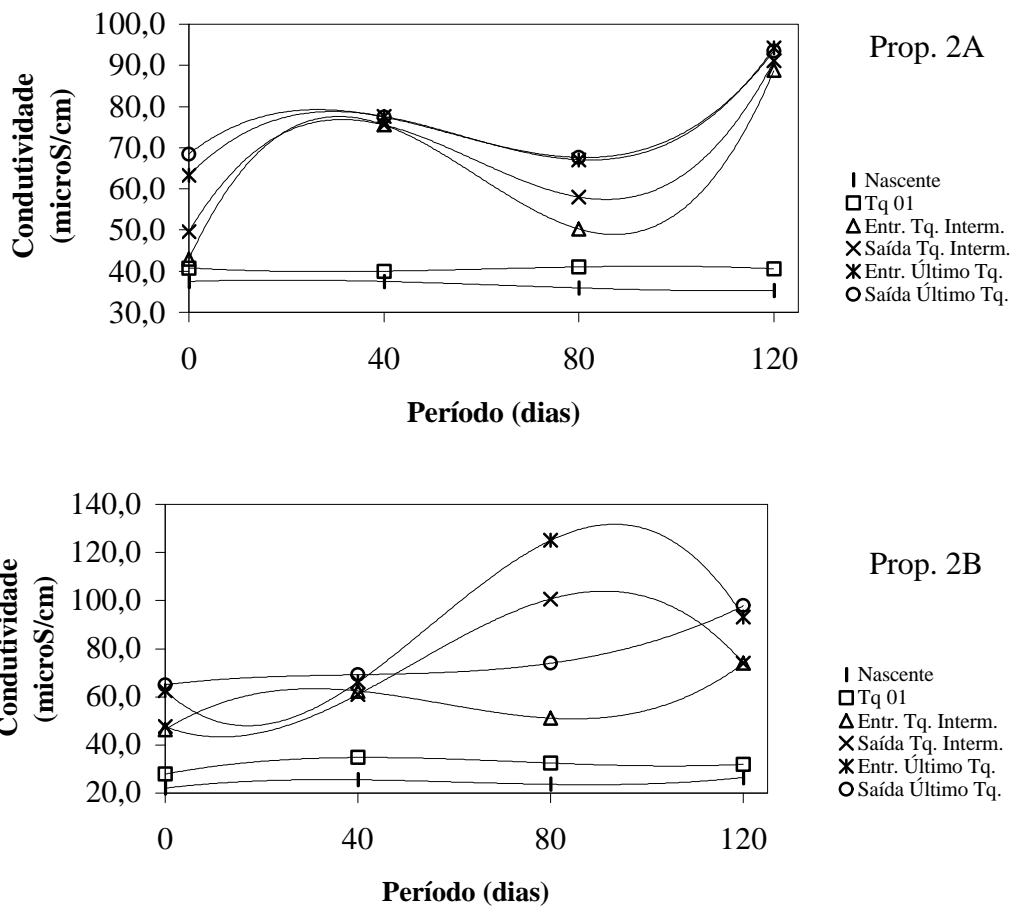


Figura 16 - Valores de condutividade elétrica, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 02, ÁREA A e ÁREA B. Médias de 3 repetições.

A concentração média de amônia na água ao longo do período de coleta na ÁREA A, apresentou comportamento diferente para cada conjunto de tanque (Figura 17). A Nascente e o Tanque 01 oscilaram da mesma forma com valores bem parecidos, a Entrada e Saída do Tanque Intermediário oscilaram de maneira diferente e a Entrada e Saída do Último Tanque sofreram aumento gradativo com o passar do tempo, apresentando o mesmo comportamento. Na ÁREA B, os valores médios de amônia ao longo do período de coleta apresentaram praticamente o mesmo comportamento, havendo acréscimo gradual ao longo do tempo, com exceção da Nascente e do Tanque 01 que na segunda coleta sofreram pequena redução (Figura 17). As concentrações médias encontradas nas duas áreas da propriedade estiveram bem acima do

recomendado pela RESOLUÇÃO CONAMA Nº20, de 18 de Junho de 1986, que é de 0,02 mg/L em águas da Classe II.

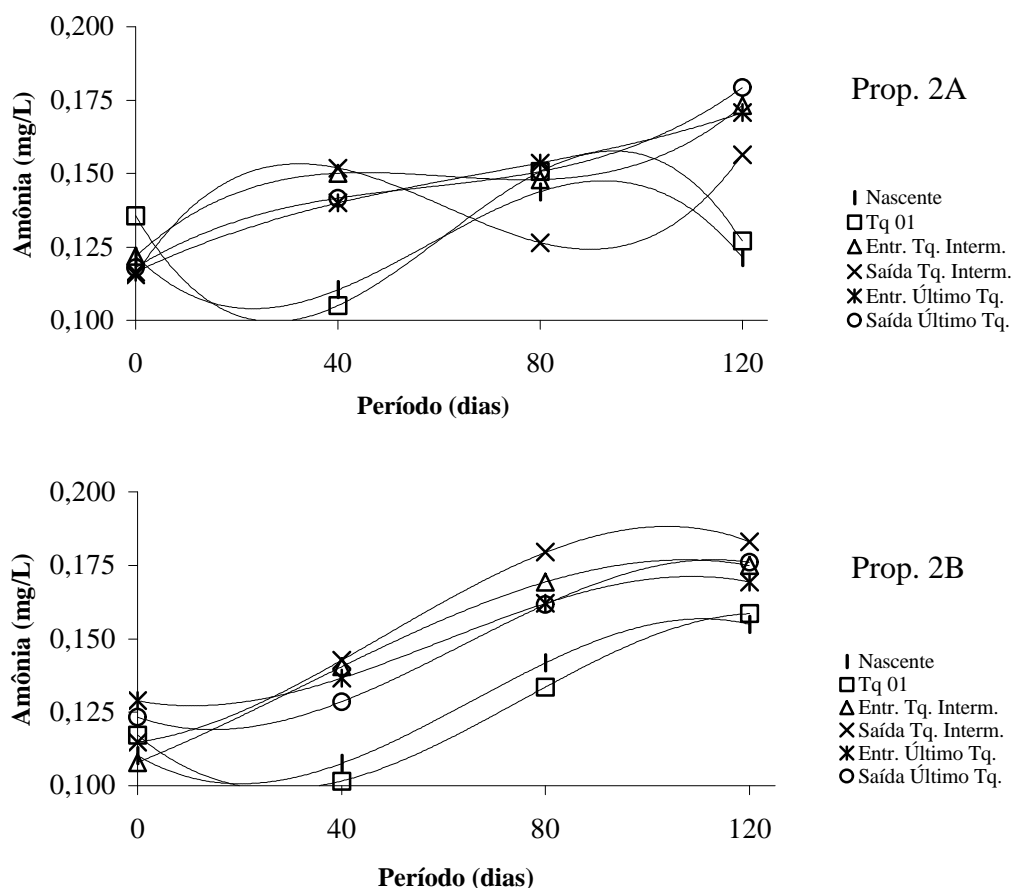


Figura 17 - Valores de amônia, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 02, ÁREA A e ÁREA B. Médias de 3 repetições.

Níveis altos de P total podem ser observados nas duas áreas dessa propriedade (Figura 18), podendo ser uma explicação para o fato de estar ocorrendo maior eutrofização da água nessa propriedade. Na ÁREA A, os pontos de coleta apresentaram comportamentos diferenciados, e na ÁREA B, os valores de P estiveram dentro de um mesmo patamar, com exceção das duas últimas datas de coletas, onde o Último Tanque apresentou valores elevados. Em ambas as áreas, as concentrações de P estiveram acima do recomendado pela RESOLUÇÃO CONAMA Nº20, de 18 de Junho de 1986,

que é de no máximo 0,025 mg/L de P em águas da Classe II. Segundo BORBA et al. (1998), a concentração de P total adequada para a água de viveiros está entre 0,1 e 0,3 mg/L, valores esses ultrapassados em alguns pontos de coleta desse estudo.

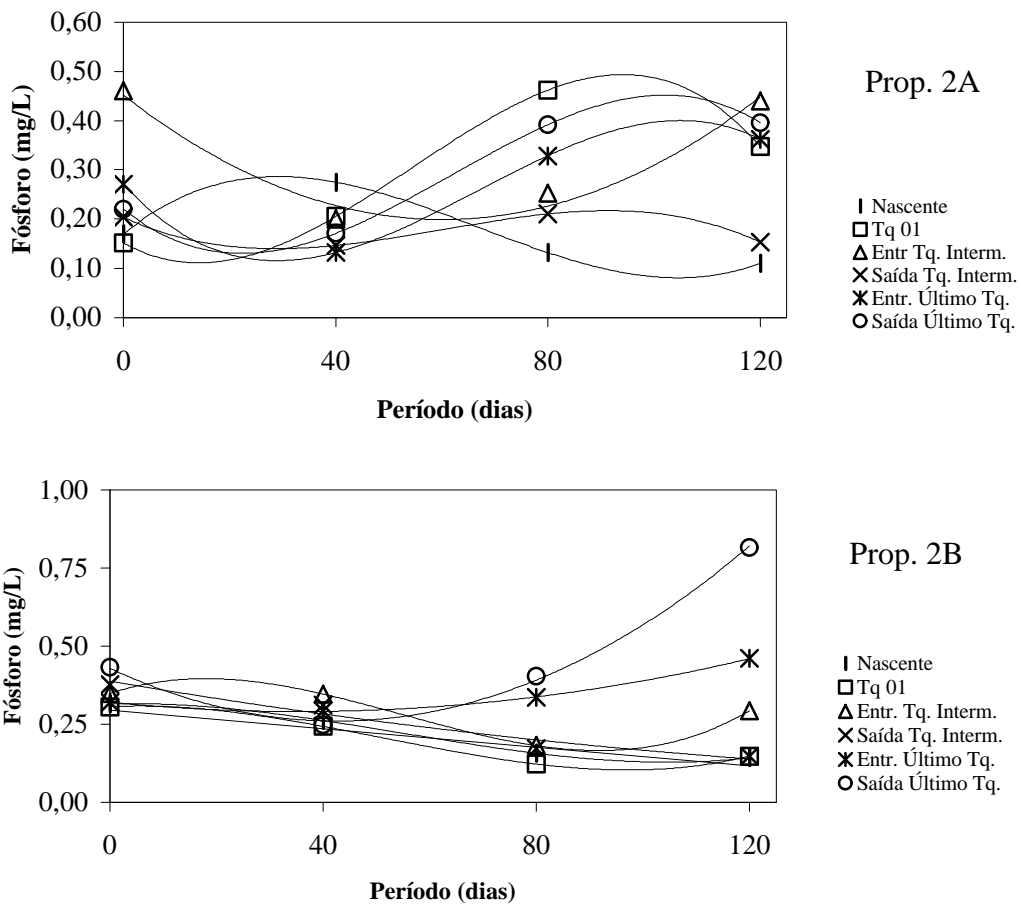


Figura 18 - Valores de fósforo, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 02, ÁREA A e ÁREA B. Médias de 3 repetições.

Os valores médios de OD na ÁREA A indicam queda na concentração de OD na água no sentido da Nascente para o Tanque 01 (Quadro 08). Esse mesmo comportamento do OD continua nos demais pontos de coleta, ou seja, seus níveis decrescem à medida que a coleta se aproxima do último tanque. É importante salientar que ocorre incremento de OD nas entradas de cada tanque o que pode ser explicado pela queda de 80 cm que a água sofre ao entrar nos

tanques subseqüentes. Nessa área deve-se atentar que o Tanque Intermediário lança sua água diretamente para o riacho, e valores baixos de concentração de OD poderão acarretar situações problemáticas no córrego. No Último Tanque houve ligeiro aumento nos valores médios de OD na água, podendo ser explicado pela metodologia de coleta, que fez com que esse tanque fosse coletado em uma hora mais avançada, quando comparado com os outros pontos. O incremento de OD na água pelo processo de fotossíntese pode ter influenciado nos valores médios finais, mas mesmo assim, esses valores são menores que os observados na Nascente, mostrando degradação na qualidade da água em relação a essa característica analisada.

Quadro 08 - Valores de oxigênio dissolvido, pH, DBO e DQO, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 02, ÁREA A. Médias de 3 repetições

Pontos de Coleta	OD mg/L	pH	DBO	DQO mg/L
Nascente	5,72	6,50	3,68	21,04
Tanque 01	2,70	6,51	7,94	38,59
Entrada Tq. Intermediário	3,23	6,64	7,15	19,61
Saída Tq. Intermediário	1,98	6,86	7,85	20,64
Entrada Último Tanque	3,63	7,12	9,26	56,88
Saída Último Tanque	4,03	7,09	7,21	46,91

Na ÁREA B, ao contrário do ocorrido na ÁREA A, os níveis médios de OD na água sofreram aumento ao sair da Nascente e chegar no Tanque 01 (Quadro 09), podendo inferir que a produção de oxigênio por parte das algas presentes em abundância nesse tanque esteja interferindo nos teores de OD. Ao chegar na Entrada do Tanque Intermediário, a concentração de OD sofre redução, evidenciando maior consumo desse gás por parte dos organismos em relação à sua produção ao longo dos tanques. Na chegada do Último Tanque, após receber água da ÁREA A dessa propriedade, o OD volta a valores

considerados recomendados para a criação de peixes, influenciado pela produção de oxigênio por parte dos organismos autotróficos, presentes em abundância nesse tanque, e pela metodologia de coleta.

Quadro 09 - Valores de oxigênio dissolvido, pH, DBO e DQO, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 02, ÁREA B. Médias de 3 repetições

Pontos de Coleta	OD mg/L	pH	DBO	DQO mg/L
Nascente	3,18	6,45	5,30	8,12
Tanque 01	4,71	6,43	5,38	16,61
Entrada Tq. Intermediário	2,63	6,89	8,51	27,67
Saída Tq. Intermediário	2,11	6,80	7,62	23,38
Entrada Último Tanque	4,07	6,99	17,07	80,96
Saída Último Tanque	4,43	7,17	24,04	113,81

Nas duas áreas da propriedade, o mesmo comportamento crescente de pH foi observado (Quadro 08 e 09). Esse comportamento pode estar relacionado com o aumento da atividade fotossintética nos últimos tanques, aumento esse ocasionado pela maior eutrofização do meio, uma vez que o aumento da atividade fotossintética acaba por retirar o CO₂ do meio, acarretando aumento no pH.

Os valores médios de DBO na ÁREA A da propriedade, apresentaram aumento ao se analisar o Tanque 01 em relação à Nascente. Após esse ponto, a DBO se manteve dentro de um mesmo patamar até a Saída do Último Tanque (Quadro 08). Na ÁREA B, os valores de DBO ficaram dentro de um mesmo patamar entre a Nascente e a Saída do Tanque Intermediário. Ao chegar no Último Tanque, esses valores sofrem aumento acentuado (Quadro 09), o que pode ser explicado pelo fato desse ponto receber água também da ÁREA A, que já carrega uma carga de DBO elevada.

As médias de DQO em cada ponto de coleta na ÁREA A da propriedade, sofreram aumento ao sair da Nascente e chegar no Tanque 01 (Quadro 08). No ponto seguinte de coleta, o Tanque Intermediário, os valores observados foram semelhantes ao da Nascente, o que pode ser considerado muito bom do ponto de vista ambiental, uma vez que a DQO volta a patamares da água sem intervenção do homem (Nascente) justamente em um dos pontos de lançamento de água da propriedade no riacho. Ao chegar no Último Tanque, a DQO volta a sofrer aumento, o que irá refletir no Último Tanque da ÁREA B, uma vez que esse recebe água também desse tanque. Em relação à proporção obtida pelos valores de DQO:DBO, os valores encontrados na Nascente, no Tanque 01 e no Último Tanque (nos dois pontos analisados) são considerados altos, o que demonstra que esse material é um material de baixa biodigestibilidade, aumentando ainda mais a preocupação em relação ao lançamento desse efluente nos córregos d'água.

Na ÁREA B, as médias de DQO dos pontos de coleta apresentaram ligeiro aumento da Nascente à Saída do Tanque Intermediário. Ao chegar no Último Tanque os valores de DQO sofreram aumento elevado (Quadro 09), provavelmente por esse ponto receber parte da água da ÁREA A, que apresenta elevada DQO. Analisando-se a relação DQO:DBO desse material, apesar de na Nascente se ter um material mais biodegradável, com relação DQO:DBO de 1,53, na Saída do Último Tanque tem-se material mais recalcitrante, com uma relação de 4,73, ou seja, de mais difícil biodegradação, com maior potencial de acúmulo nos sedimentos.

A condutividade elétrica em cada ponto de coleta na ÁREA A, sofreu pequeno aumento no Tanque 01 e um aumento maior na Entrada do Tanque Intermediário. A partir desse ponto, os valores foram crescendo gradualmente até a Saída do Último Tanque (Quadro 10). Na ÁREA B, as médias de condutividade elétrica em cada ponto de coleta apresentaram crescimento gradual até a Entrada do Último Tanque, sofrendo pequena redução na saída desse tanque (Quadro 11).

Quadro 10 - Valores de condutividade, amônia e ferro, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 02, ÁREA A. Médias de 3 repetições

Pontos de Coleta	Condutividade $\mu\text{S/cm}$	Amônia mg/L	Ferro
Nascente	36,56	0,124	1,66
Tanque 01	40,60	0,130	3,64
Entrada Tq. Interm.	64,37	0,148	2,75
Saída Tq. Interm.	68,55	0,138	2,95
Entrada Último Tq.	75,54	0,145	4,03
Saída Último Tq.	76,78	0,147	5,42

Quadro 11 - Valores de condutividade, amônia e ferro, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 02, ÁREA B. Médias de 3 repetições

Pontos de Coleta	Condutividade $\mu\text{S/cm}$	Amônia mg/L	Ferro
Nascente	24,43	0,128	7,14
Tanque 01	31,80	0,128	1,95
Entrada Tq. Interm.	58,48	0,148	2,43
Saída Tq. Interm.	70,83	0,155	2,08
Entrada Último Tq.	86,77	0,149	3,13
Saída Último Tq.	76,51	0,147	2,37

A amônia em cada ponto de coleta na ÁREA A e na ÁREA B dessa propriedade, sofreu aumento gradual da Nascente à Saída do Último Tanque, com maior pico no Tanque Intermediário (Quadro 10 e 11, respectivamente). Vale ressaltar que as concentrações de amônia na água nessa propriedade estiveram sempre acima do recomendado para criação de peixes, que é de 0,05 mg/L (PROENÇA E BITTENCOURT, 1994 e KUBTIZA, 1998). Inclusive na própria Nascente, onde o fato dessa não ser protegida pode ter influenciado

nessa análise, com fácil contaminação por parte de excreta de animais criados na propriedade.

As médias de Fe na água nos pontos de coleta da ÁREA A dessa propriedade, sofreram grande aumento no Tanque 01 quando comparado com os valores encontrados na Nascente. Esses valores não voltam aos níveis anteriores, e apesar de sofrerem pequena redução no ponto seguinte (Entrada Tanque Intermediário), as concentrações de Fe se tornam crescente até atingir o seu máximo na Saída do Último Tanque, valor esse três vezes maior que o observado na Nascente (Quadro 10). Na ÁREA B, as médias de Fe na água nos pontos de coleta, apresentaram comportamento completamente diferente da ÁREA A. Foi observado na água da Nascente, teor de Fe bastante elevado, muito maior que os encontrados em qualquer outro ponto analisado, provocado provavelmente por alguma contaminação pontual. Após esse ponto de coleta, os demais estiveram dentro de um mesmo patamar, bem mais baixo, porém sem oscilar muito (Quadro 11).

As médias dos valores de P na água em cada ponto de coleta da ÁREA A, apresentaram aumento ao sair da Nascente e chegar no Tanque 01 (Quadro 12), possivelmente provocado pelo manejo utilizado nessa propriedade. Um outro ponto chama a atenção, que é a queda acentuada dos valores de P na Saída do Tanque Intermediário, voltando a níveis encontrados na Nascente. Essa queda é de certa forma, positiva no que diz respeito ao potencial de impacto desse efluente, uma vez que essa é uma das vias de lançamento de água no córrego dessa propriedade. Na ÁREA B, as médias de P em cada ponto de coleta sofreram aumentos e reduções pequenas. O maior aumento ocorreu no Último Tanque, atingindo os maiores valores na saída desse tanque (Quadro 13). Esse aumento da concentração de P na água serve como explicação para o aumento de algas nesse tanque, o que já havia sido constatado em observações visuais ao longo do período de coleta. Essa eutrofização da água acaba por comprometer a transparência da mesma (Quadro 02), onde os menores valores são observados justamente onde a

concentração de P, e por conseqüência a eutrofização, é maior; e a turbidez da água (Quadro 02), onde os maiores valores foram obtidos onde as concentrações de P atingem os maiores níveis. Algumas algas tendem a acumular fósforo além de suas necessidades, e o aspecto visual de “lodo” nas bordas desse tanque (Último Tanque) indica que essas algas podem já estar em processo de decomposição, aumentando ainda mais a quantidade de P no tanque, uma vez que o P retido nas algas começa a ser liberado para o meio. Como essa é uma das vias de lançamento de efluentes da piscicultura, aumenta-se a preocupação em relação a essa área, uma vez que essa água estará chegando ao rio com alta concentração de P, o que poderá causar a eutrofização desse.

Quadro 12 - Valores de fósforo, magnésio, cálcio e potássio, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 02, ÁREA A. Médias de 3 repetições

Pontos de Coleta	P	Mg	Ca	K
		mg/L		
Nascente	0,172	8,06	1,32	1,16
Tanque 01	0,292	7,90	1,29	1,53
Entrada Tq. Interm.	0,338	9,68	1,46	2,17
Saída Tq. Interm.	0,179	8,96	1,21	1,98
Entrada Último Tq.	0,274	10,99	1,48	2,61
Saída Último Tq.	0,295	11,62	1,55	2,37

As concentrações médias de Mg na água nos pontos de coleta da ÁREA A, apresentaram comportamento crescente no sentido da Nascente para o Último Tanque, com exceção da Saída do Tanque Intermediário (Quadro 12). Assim como ocorrido com o P, os teores de Mg sofreram grande redução na Saída do Tanque Intermediário, o que pode ser vantajoso do ponto de vista do impacto provocado pelo efluente, uma vez que essa água é lançada no córrego que passa pela propriedade. Na ÁREA B, o comportamento crescente das

concentrações de Mg nos pontos de coleta ficou ainda mais evidenciado (Quadro 13), sendo mais elevados no Último Tanque. Os valores observados nesse estudo estiveram muitas vezes dentro da faixa encontrada por DEMÉTRIO (2000), que analisando pisciculturas do Paraná, observou valores entre 0,28 e 1,45 mg/L de Mg na água.

Quadro 13 - Valores de fósforo, magnésio, cálcio e potássio, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 02, ÁREA B. Médias de 3 repetições

Pontos de Coleta	P	Mg	Ca	K
		mg/L		
Nascente	0,219	6,37	0,77	1,16
Tanque 01	0,205	7,23	1,05	1,44
Entrada Tq. Interm.	0,292	8,26	1,15	2,05
Saída Tq. Interm.	0,252	11,09	1,27	2,12
Entrada Último Tq.	0,352	11,79	1,52	2,37
Saída Último Tq.	0,475	12,11	1,56	2,60

O comportamento da concentração de Ca em cada ponto de coleta na ÁREA A, foi praticamente crescente ao longo dos pontos analisados (Quadro 12). Vale ressaltar a redução dos níveis de Ca na água da Saída do Tanque Intermediário em relação à entrada desse tanque, uma vez que esse é um dos pontos de lançamento de efluentes, porém essa redução não implica dizer que essa área não esteja causando impacto nessa característica, uma vez que quando comparado com os valores observados na Nascente, esses são maiores. Na ÁREA B, o comportamento dos níveis de Ca ao longo do estudo foi crescente nos pontos analisados, atingindo valores máximos na Saída do Último Tanque (Quadro 13).

As concentrações médias de K na água nos pontos de coleta apresentaram comportamento parecido na ÁREA A e ÁREA B dessa

propriedade (Quadro 12 e 13, respectivamente), com crescimento gradual ao longo dos pontos analisados.

Pôde ser observado o declínio nos teores de Mn ao longo dos pontos de coleta na ÁREA A (Quadro 14), porém na ÁREA B, esse comportamento foi justamente o contrário, com aumento a partir da Nascente até o último ponto de coleta (Quadro 15). Nessa área pode-se notar que em todos os grupos de tanques analisados, os pontos de entrada apresentaram concentrações menores de Mn em relação aos pontos de saída. Os valores observados nesse estudo estiveram abaixo do encontrado por DEMÉTRIO (2000), onde analisando pisciculturas do Paraná, observou valores máximos de 0,148 mg/L de Mn na água.

Os valores médios de Zn sempre se mantiveram baixos na ÁREA A dessa propriedade (Quadro 14), e mesmo com a elevação ocorrida no Tanque Intermediário, esses valores estiveram dentro da faixa recomendada pela legislação. Vale ressaltar que em um dos pontos de lançamento de água no córrego que passa pela propriedade, no ponto de Saída do Tanque Intermediário, a concentração de Zn atinge o seu ponto máximo, o que pode vir a ser um problema futuro para o meio ambiente. Na ÁREA B, os teores de Zn estiveram sempre bem próximos de zero (Quadro 15), com o valor igual a zero na Saída do Último Tanque, o que pode ser considerado ideal do ponto de vista ambiental. Os valores encontrados em literatura estão dentro dos patamares observados nesse estudo. DEMÉTRIO (2000), analisando pisciculturas do Paraná, encontrou valores entre 0,005 e 0,08 mg/L de Zn na água.

Os outros metais pesados analisados, como o Cu, Cd, Cr, Pb e Ni, não foram detectados em nenhuma amostra durante todo o período de execução do projeto.

Quadro 14 - Valores de manganês e zinco, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 02, ÁREA A. Médias de 3 repetições

Pontos de Coleta	Mn	Zn
	mg/L	
Nascente	0,0700	0,0171
Tanque 01	0,0617	0,0150
Entrada Tanque Intermediário	0,0325	0,0927
Saída Tanque Intermediário	0,0325	0,0917
Entrada Último Tanque	0,0238	0,0575
Saída Último Tanque	0,0171	0,0202

Quadro 15 - Valores de manganês e zinco, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 02, ÁREA B. Médias de 3 repetições

Pontos de Coleta	Mn	Zn
	mg/L	
Nascente	0,0008	0,0013
Tanque 01	0,0030	0,0008
Entrada Tanque Intermediário	0,0017	0,0058
Saída Tanque Intermediário	0,0047	0,0025
Entrada Último Tanque	0,0033	0,0033
Saída Último Tanque	0,0038	0,0000

4. CONCLUSÕES

As características físicas analisadas, com exceção da quantidade de sólidos sedimentáveis, sofreram alterações significativas ao longo das pisciculturas. Apesar de muitos desses valores estarem dentro do recomendado para efluentes de piscicultura, a degradação da qualidade da água em relação às características físicas analisadas é evidente.

As características químicas analisadas indicaram que está havendo degradação da qualidade da água. Nas duas propriedades, ocorreu enriquecimento da água ao longo das pisciculturas. Assim como ocorrido com as características físicas, diversas vezes os valores encontrados estiveram abaixo do limite recomendado pela legislação, mas isso não significa que as pisciculturas estudadas não estejam causando impacto sobre o ambiente. Não há contaminação da água com metais pesados.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- AYROZA, L.M.S.; SPINOSA, W.A.; SOARES, M.S.JR.; REZENDE, D.M.M.; SIMÕES, F.S.; CALIARI, M.; SANTOS, V.Jr. Caracterização de Alguns Parâmetros Limnológicos de Viveiros de Criação de Tilápia no Vale do Paranapanema. *Tilapia Aquaculture – in the 21 th Century – Proceedings from the Fifth International Symposium of Tilapia Aquaculture*. Volume 01. p. 270-278. 2000.
- BONACELLA, P.H. e MAGOSI, L.R. *Poluição das águas*. 9º Edição. Editora moderna. São Paulo. 56 páginas. 1992.
- BORBA, M.G.; TOMPSON, M.M.; SILVA, A.L.N. Influência do emprego de tanques-rede sobre a qualidade da água em um viveiro de piscicultura. In: *Anais do Aqüicultura Brasil'98*. Recife. Volume 2. p. 449-461. 1998.
- BOYD, C.E. Effluents from catfish ponds during fish harvest. *J. Environ. Quat.* 7: 59-62. 1978.
- BOYD C.E. Manejo de Suelo y de la Cualidad de Agua en la Acuicultura de Piscinas. Alabama. p.6 – 12, 25 – 26 , 29 – 33 , 1996.
- BOYD, C.E. Shrimp pond bottom soil and sediment management, In: Wyban, J. (ed.). *Proceedings of the Special session on shrimp farming, the word aquaculture society*, WAS: p. 283-292. 1992.
- BOYD, C.E. Manejo do solo e da qualidade da água em viveiro para aqüicultura. Campinas: Associação Americana de Soja (ASA), 55 p. 1997.
- BOYD, C.E. *Water quality in ponds for aquaculture*. Alabama. Agricultural Experiment Station. Auburn University, 482 p. 1990.

- BOYD, C.E. & TUCKER, C.S. Sustainability of channel catfish farming. *World Aquaculture*, v.26, n.3, p. 45-53, 1995.
- CECCARELLI, P.S.; SENHORINI, J.A.; VOLPATO, G.L. Dicas em piscicultura; perguntas e respostas. Botucatu: Santa Gráfica Editora, 247 p. 2000.
- CHRISTOPHER, L.B.; REMÉDIOS, B.B.; EDDIEBOY, T.J.; JAMES, S. Timing of the Onset of Supplemental Feeding of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Ponds. *Tilapia Aquaculture – in the 21 th Century – Proceedings from the Fifth International Symposium of Tilapia Aquaculture*. Volume 01. p. 237 – 240. 2000.
- CORREIA, E.S.; MAIA FILHO, M.A.; OLIVEIRA, C.P.; SILVA, E.C.; CASTRO, P.F. Efeitos de diferentes regimes de alimentação no crescimento da tilápia vermelha (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) em cultivo semi intensivo. In: Simpósio Brasileiro de Aqüicultura, 2000, Florianópolis, SC. Anais... Florianópolis: Simbraq. não paginado, CD-Rom, 2000.
- COSTA NETO, J.P. Bases limnológicas para o manejo de tanques de cultivo de peixes. 162 f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 1990.
- CYRINO, J.E.P.; CARNEIRO, P.C.F.; BONZANO, G.L.N.; CASEIRO, A.C. Desenvolvimento da Criação de Peixes em Tanque-Rede, In: AQUICULTURA BRASIL'98, 1, Recife, Anais... Recife: Simbraq, 409-433, 1998.
- DELINCÉ, G. The ecology of the fish pond ecosystem with special reference to Africa. Dordrecht: Kluwer, 230 p. 1992.
- DEMETRIO, J.A. O Empreendimento piscícola de cativeiro no extremo noroeste do Estado do Paraná: diagnóstico sócio-ambiental. Dissertação de Mestrado apresentado a Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, SP. 220 p. 2000.
- EDWARDS, P. “Environmental issues in integrated agriculture-aquaculture and wastewater-fed fish culture systems” In *Environment and Aquaculture in developing Countries* (eds R.S.V. Pullin, H. Rosenthal and J.L. Maclean) pp. 139-170. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines, 1993.
- ELER, M.N. Impacto de sistemas artificiais rasos (viveiros de piscicultura) e seus efeitos na qualidade de água e na biota aquática. 258 f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de Métodos de Análises de Solos. 2ª Ed. Rio de Janeiro, 212p., 1997.
- ESTEVES, F. de A., Fundamentos de Limnologia, Rio de Janeiro: Interciência/ FINEP, 574p. 1988.
- FEITOSA, F.A.C. & MANOEL FILHO, J. Hidrobiologia: Conceitos e Aplicações. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 412p. 1997.
- FREIRE, A.G.; CAMPOS, C.E. Avaliação experimental de tambaqui, *Colossoma macropomum* Cuvier, 1818 utilizando 4 tipos de dietas em tanques de concreto. In: Simpósio Brasileiro de Aqüicultura, 2000, Florianópolis, SC. Anais... Florianópolis: Simbraq. não paginado, CD-Rom, 2000.
- GREEN, B.W., TEICHERT-CODDINGTON, D.R. e HANSON, T.R. Development of semi-intensive aquaculture technologies in Honduras Research and Development Series, 39. International Center of Aquaculture and Aquatic Environments Auburn University, 47 p. 1994.
- GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAD, M.A.M. Methods for physical and chemical analysis of freshwater. London: IBP, Blackwell Sci. 1978.
- HOPKINS, J.S.; HAMILTON II, R.D.; SANDIFER, P.A.; BROWDY, C.L. & STOKES, A.D. Effects of water exchange rate on production, water quality, effluent characteristics and nitrogen budget on intensive shrimo ponds. Journal of the World Aquaculture Society, v. 24, n. 3, p. 304-320, 1993.
- KUBITZA, F. Qualidade da água na produção de peixes. Campo Grande, 46 p., 1998.
- LIN, C.K.; SHRESTHA, M.K.; THAKUR, D.P.; DIANA, J.S. "Management to minimize the environmental impacts of pond draining". In: Fifteenth Annual Technical report, Pond Dynamics/Aquaculture CRSP (eds D. Burke, J. Baber, B. Goetze, D. Clair, and H. Egna), pp. 132-139. Pond Dynamics/Aquaculture CRSP, Oregon State University, Corvallis, 1998.
- MAIER, M.H. Ecologia da bacia do Rio Jacaré-Pepira (47° 55' – 48' 55'W; 22° 30' – 21° 55' S – Brasil). Qualidade da água do Rio principal. Ciência e Cultura, v. 39, p.164-185, 1987.
- MATOS, A.C.; BOLL, M.G.; TESTOLIN, G. Qualidade da água de cultivo de peixes e a legislação. In: Simpósio Brasileiro de Aqüicultura, 2000,

- Florianópolis, SC. Anais... Florianópolis: Simbraq. não paginado, CD-Rom, 2000.
- MEDRI, V.; REIRA, G.V.; LEONHARDT, J.H. Técnicas de controle de qualidade utilizadas na criação de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Acta Scientiarum, v.20, n.2, p.185-190, 1998.
- MINUCCI, L.V. Análise limnológica da nascente ao efluente de viveiros estocados com diferentes densidades de piaçu (*Leporinus macrocephalus*). Dissertação de mestrado da Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia – MG. 98 p. 2001.
- MURPHY, J. & RILEY, J.P. A modified solution method for the determination of phosphate in natural waters. In: Analytica Chimica Acta. p. 31-36, 1962.
- OLIVEIRA, E.G.; AMANCIO, A.L.L.; HIPÓLITO, M.L.F.; CARNEIRO, M.V.D. Efeito do cultivo de peixes em tanques-rede sobre variáveis físico-químicas da água de um açude. In: Simpósio Brasileiro de Aqüicultura, 2000, Florianópolis, SC. Anais... Florianópolis: Simbraq. não paginado, CD-Rom, 2000.
- PÁDUA, H. B. <<http://www.setorpesqueiro.com.br>> “A água na Aqüicultura - Reflexões” cap.02. Acessado dia 10/05/2002, 2002a.
- PÁDUA, H.B. <<http://www.ccinet.com.br/tucunare/demanda.htm>> “Qualidade da Água na Aqüicultura”. Acessado dia 20/06/2002, 2002b.
- PÁDUA, H.B. <<http://www.ccinet.com.br/tucunare/demanda.htm>> “Alcalinidade, Condutividade e Salinidade em Sistemas Aquáticos”. Acessado dia 14/08/2002, 2002c.
- PAYNE, A.I. The ecology of tropical lakes and rivers. New York: John Wiley, 301 p. 1986.
- PROENÇA, C.E.M.; BITTENCOURT, P.R.L. Manual de piscicultura tropical. Brasília: Ibama, 1994.
- PUERARI, E.M. Análise Comparativa dos Parâmetros Físico-químicos e Bacteriológicos na Reservatório Superficial Chile e no Aquífero Aluvial Adjacente – Morada Nova/CE. Dissertação de Mestrado da Universidade Federal do Ceará. 83 p. Fortaleza - Ceará, 1999.
- ROLLA, M.E.; MELLO, C.B.M.; SILVA, M.O.B.; GONÇALVES, S.M.R. e SOUZA, D.S. Avaliação da variação diuturna e sazonal de parâmetros limnológicos de água de tanques de piscicultura da estação de piscicultura de Volta Grande, Minas Gerais. Acta Limnol. Brasil, v.3, p.219-214, 1996.

- RUMP H.H.; KRIST H.. Laboratory Manual for the Examination of Water and Soil. Second edition, 1992.
- SCHMITTOU, H.R. Produção de peixes em alta densidade em tanques-rede de pequeno volume. Alabama, 1997.
- SHIMITTOU, H.R.. Cultivo de Peces a Alta Densidad em Jaulas de Bajo Volumen. Alabama – U.S.A. pg 24 – 26 , 1994.
- SILVEIRA, S.S.B. e SANT’ANNA, F.S.P. Meio Ambiente – Aspectos técnicos e Econômicos. 2º Edição. Brasília: IPEA, 238 p. 1996.
- SOUZA, M.L.R. de. Efeitos de sistemas de aeração e densidades de estocagem sobre o desempenho e características de carcaça da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus Linnaeus, 1757*), Jaboticabal, 1996 (Master’s Thesis in Zootechny) – Universidade Estadual Paulista. 1996.
- TAVARES, L.H.S. Limnologia aplicada à aqüicultura. Jaboticabal: FUNEP, 72 p. 1995.
- ZANIBONI FILHO, E. O impacto ambiental de efluentes da piscicultura. In: Anais do III Simpósio sobre Manejo e Nutrição de Peixes. Campinas, SP. pg 1-14. 1997.

Capítulo 03

Os Sedimentos na Piscicultura

SOUTO, Eduardo Ferri. Os sedimentos na Piscicultura. Viçosa: UFV, 2003. 161 p. (Dissertação, Mestrado em Ciência do Solo).

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo, avaliar o impacto da criação de peixes sobre as características químicas de sedimentos superficiais das propriedades estudadas. Para se avaliar o teor de carbono orgânico, pH, Al^{3+} , K^{+} , P, Fe, Zn, Co e Mn presente nos sedimentos, foram realizadas coletas de sedimentos em tanques de piscicultura, no período de dezembro de 2001 a abril de 2002. Ocorreu acúmulo dos elementos químicos estudados, quando comparado com os teores encontrados na água desses tanques e no solo que os circundam. A maior preocupação está nas concentrações de metais pesados nos sedimentos, que dependendo do hábito alimentar da espécie cultivada, os peixes podem revolver o fundo do tanque a procura de alimentos e esses metais pesados podem ser ingeridos e se acumularem na musculatura dos mesmos, podendo ainda atingir ao homem por meio do consumo desses peixes.

The Sediments in Pisciculture

SOUTO, Eduardo Ferri. The Sediments in Pisciculture. Viçosa: UFV, 2003.
161 p. (Dissertation, Master Science in Soil Sciences).

ABSTRACT

The present work aims to evaluate the impact of fish breeding on the chemistry characteristics of superficial sediments in the analysed properties. In order to evaluate the proportion of organic carbon, pH, Al³⁺, K⁺, P, Fe, Zn, Co and Mn present in the sediments, sample collections were made in fish tanks in the period of December 2001 to April 2002. There were accumulations of the chemistry elements studied when compared to the proportions found in the water tanks and the surrounding soil. The greatest worry is about the heavy metal concentrations in the sediments. Depending on the breeding specie feeding habit, the fish may go to the bottom of the tank looking for food and these heavy metals might be assimilated and accumulated in the fish muscles, thus causing harm to mankind when consuming these fish.

1. INTRODUÇÃO

Os principais poluentes de cursos d'água e lagos são os sedimentos em suspensão (BEASLEY, 1976). Parte dos materiais em suspensão presentes em um corpo d'água é sedimentada, podendo ainda ser mineralizada, no caso da matéria orgânica, ou dissolvido na água, no caso dos carbonatos. Esse material sedimentado muitas vezes tem a mesma composição do material de origem, porém, podem apresentar algumas diferenças (EISMA, 1993). Segundo o mesmo autor, essas mudanças podem ser relativamente rápidas e demorarem horas ou dias (como no caso da mineralização da matéria orgânica), ou ainda meses ou anos (como no caso do acúmulo de manganês na parte superior do sedimento). Algumas alterações podem levar ainda de mil a um milhão de anos.

Os modelos que estimam o aporte de sedimentos, por exemplo na Ásia, são de duas a dezesseis vezes inferiores que as taxas realmente medidas, o que significa que a vida útil desses corpos d'água se reduz enormemente (WHITE, 1988). Segundo estudos da UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (1991) sobre a erosão e o transporte de sedimentos na Bacia do Rio São Francisco, a parte central da bacia é dominada pela deposição de sedimentos.

Ao encarar os sedimentos como um poluente e causador de impactos ambientais, vários aspectos devem ser considerados, tais como: a natureza das substâncias e a quantidade desses sedimentos, os modos de transporte e deposição e as características do canal de escoamento (ROBINSON, 1971).

Os sedimentos, quando em excesso, podem causar alterações físicas no corpo d'água, como erosão das margens em função do assoreamento do leito do canal, obstrução do fluxo e conseqüente aumento dos riscos de inundação e alterações na configuração do leito (WOLMAN e SCHIK, 1967). Graças a sua velocidade e ao seu grau de turbulência, a água corrente consegue manter partículas sólidas em suspensão. O ambiente de água corrente não é o mais comum dentro da piscicultura, principalmente nos sistemas com menor grau de tecnologia (extensivo e semi-intensivo), por essa e outras características que, nesses casos, a piscicultura é um ambiente bastante propício para o acúmulo de sedimentos.

São os sedimentos, juntamente com os solos, que determinam as características iniciais, tanto físicas quanto químicas da água (PÁDUA, 2002). A concentração de metais pesados dos rios e lagos pode ser de mil a dez mil vezes maiores nos sedimentos quando comparado aos níveis encontrados na água (SILVEIRA e SANT'ANNA, 1996). O resultado das análises dos sedimentos pode ser uma boa indicadora da poluição por metais pesados, em razão da sua habilidade de incorporar as descargas liberadas no sistema (LACERDA, 1982; FISZMAN et al., 1984; LACERDA et al., 1993). A observação da deposição dos metais pesados nos sedimentos dos rios deveria ser realizada, cuidadosamente, num programa de monitoramento, de forma a avaliar sua disponibilidade, sua dispersão, e sua absorção pela biota (MALM et al., 1989).

Essa pesquisa teve como objetivo avaliar o impacto da criação de peixes sobre as características químicas de sedimentos superficiais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O local de desenvolvimento do projeto, a metodologia de escolha das propriedades e as características gerais de cada propriedade foram descritos no Capítulo 01.

2.1 COLETA DAS AMOSTRAS

As amostras de sedimentos foram retiradas, com auxílio de um bambu de 1,50 metros de comprimento, 7,0 centímetros de largura e com recorte na sua ponta com formato de colher, dos mesmos tanques onde foram coletadas as águas. Foi feita uma raspagem da camada superficial do fundo de cada tanque para a coleta de três amostras simples na profundidade de 0-5 cm. Após a coleta, o material foi levado ao laboratório onde foi imediatamente seco à sombra, e depois de seco foi triturado em almofariz manual e passado em peneira de 2,0 mm, constituindo a terra fina seca ao ar (TFSA) utilizada para análises das características desejadas. As Figuras 01, 02 e 03 apresentam os pontos de coleta das amostras nas propriedades.

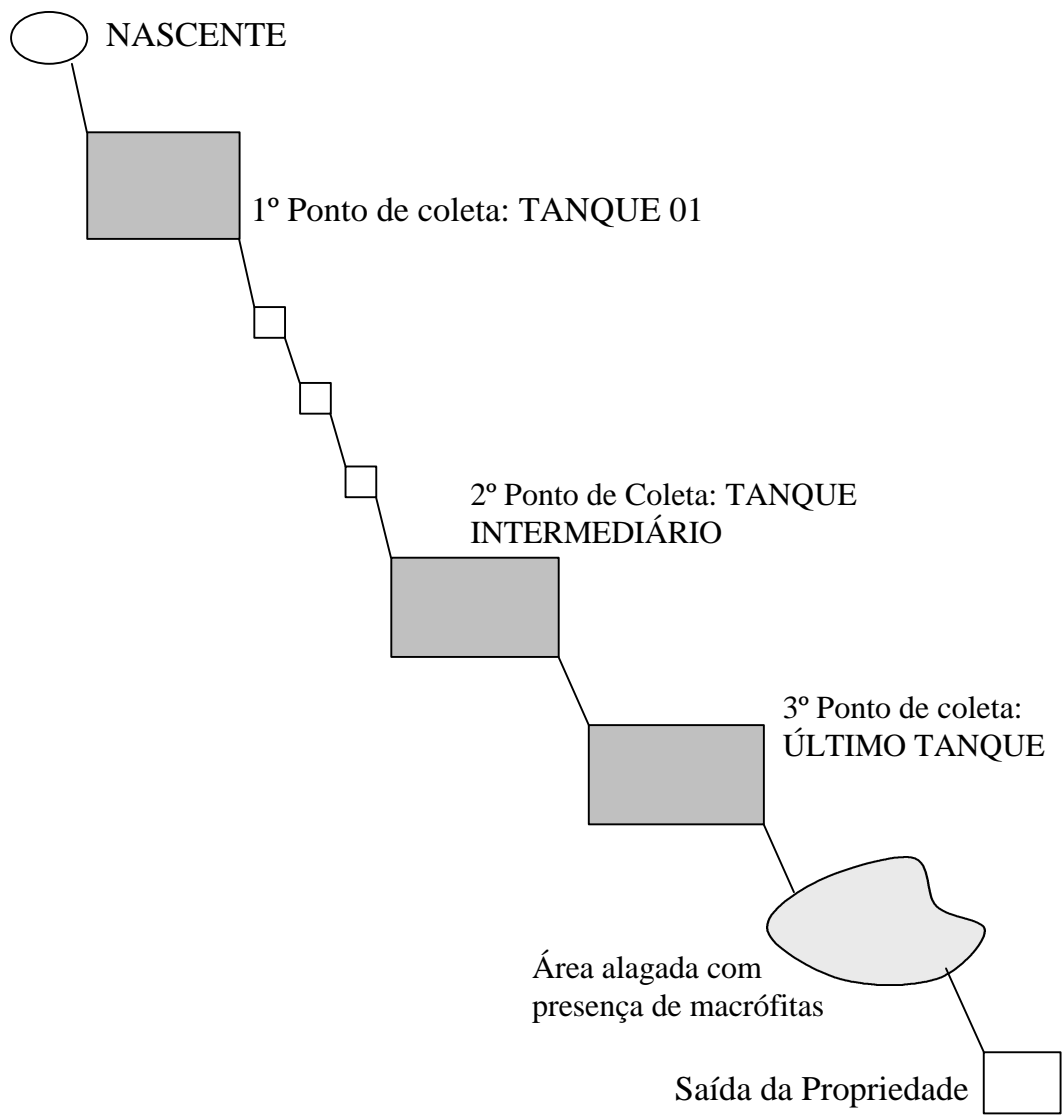


Figura 01 - Pontos de coleta de sedimentos da PROPRIEDADE 01

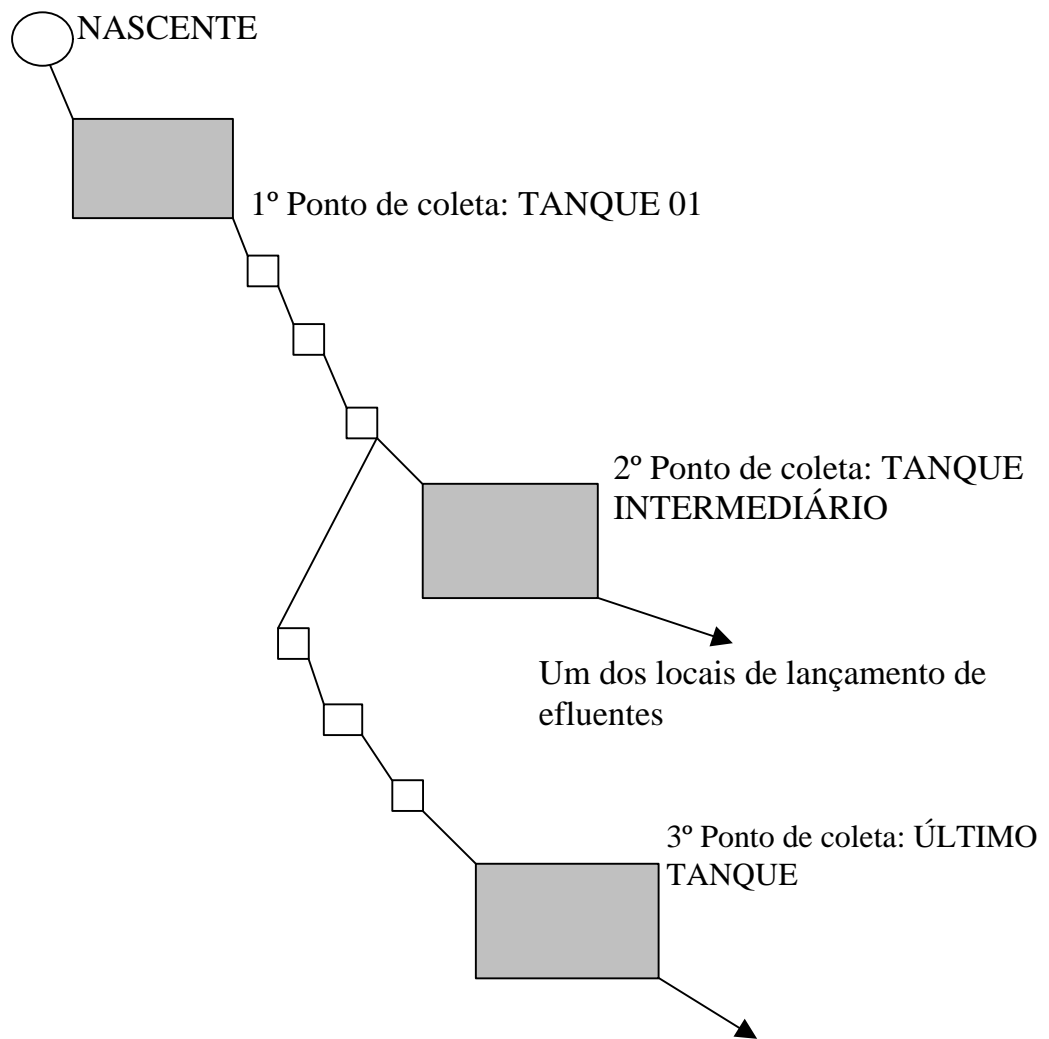


Figura 02 - Pontos de coleta de sedimentos da PROPRIEDADE 02, ÁREA A

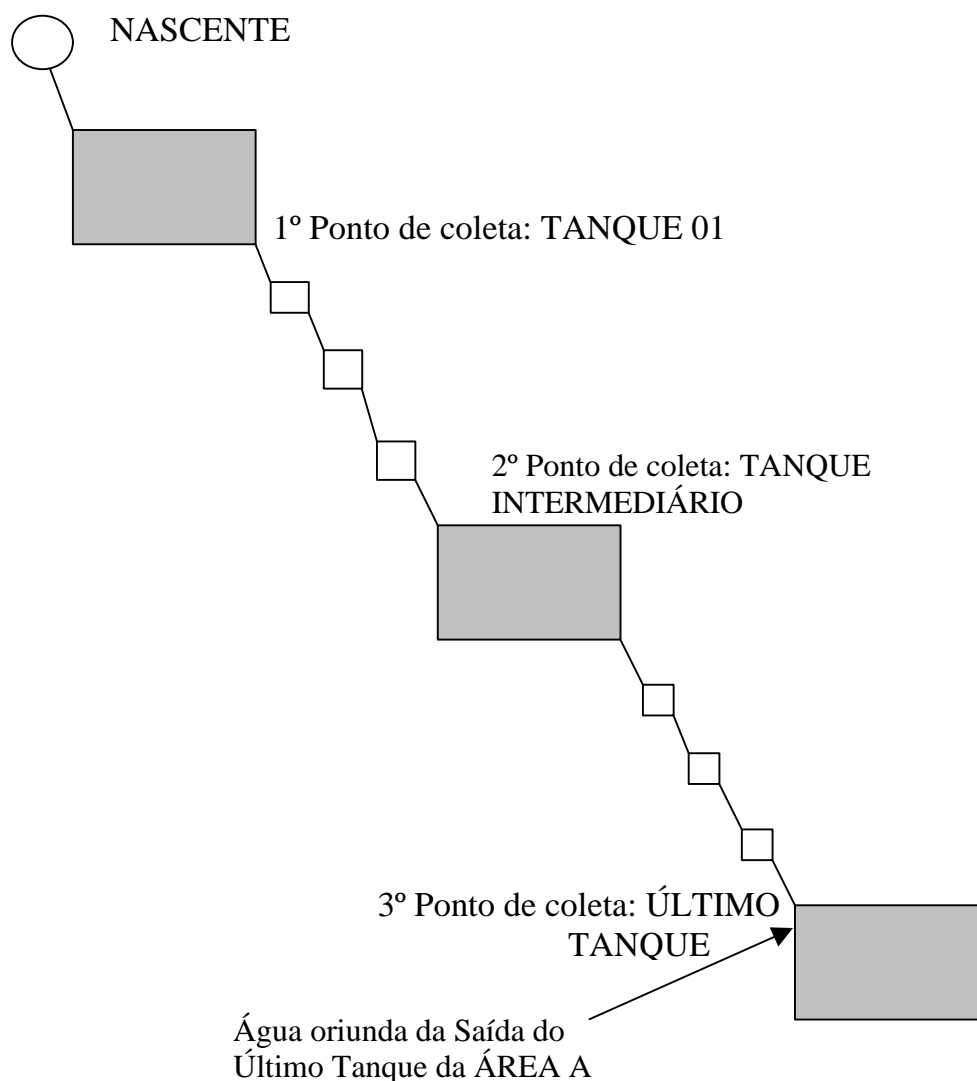


Figura 03 - Pontos de coleta de sedimentos da PROPRIEDADE 02, ÁREA B

2.2 CARACTERÍSTICAS AVALIADAS

As características avaliadas nos sedimentos foram: carbono orgânico, pelo método de Walkey-Black modificado por YEOMANS & BREMNER (1988); Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} , extraídos com KCl 1 mol/L e determinados por espectroscopia de absorção atômica; K^+ , extraído com Mehlich 1 e

determinado por espectrofotômetro de chama; P extraído com Mehlich 1 e determinado por fotocolorímetro pelo método da vitamina C (DEFELIPO E RIBEIRO, 1991); Fe, extraído com Mehlich 1 e determinado por espectroscopia de absorção atômica; Zn, Cu e Mn, extraído com Mehlich 1 e determinado por espectroscopia de absorção atômica.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 PROPRIEDADE 01

As médias de carbono orgânico (CO), de pH e de potássio nos sedimentos ao longo do período de coleta apresentaram comportamentos diversos para cada tanque analisado (Figura 04). Os valores de pH estiveram sempre na faixa de pH levemente ácido.

Os teores médios de P nos sedimentos ao longo do período de coleta, se mantiveram sempre baixos no Tanque Intermediário e no Último Tanque, porém no Tanque 01, especificamente nas duas primeiras coletas, os níveis de P encontrados foram elevados (Figura 05), isso provavelmente devido ao manejo aplicado nesse tanque, com práticas de adubação freqüentes. Os teores de Ca nos sedimentos ao longo do período de coleta, apresentaram pouca variação no Tanque Intermediário e no Último Tanque, porém no Tanque 01, esses teores se apresentaram elevados nas duas primeiras coletas (Figura 05). Os teores médios de Mg nos sedimentos ao longo do período de coleta, apresentaram valores próximos em todos os pontos coletados, com exceção da segunda coleta no Tanque 01 (Figura 05), onde, por influência do manejo empregado (adubação e calagem) a concentração de Mg sofreu grande aumento.

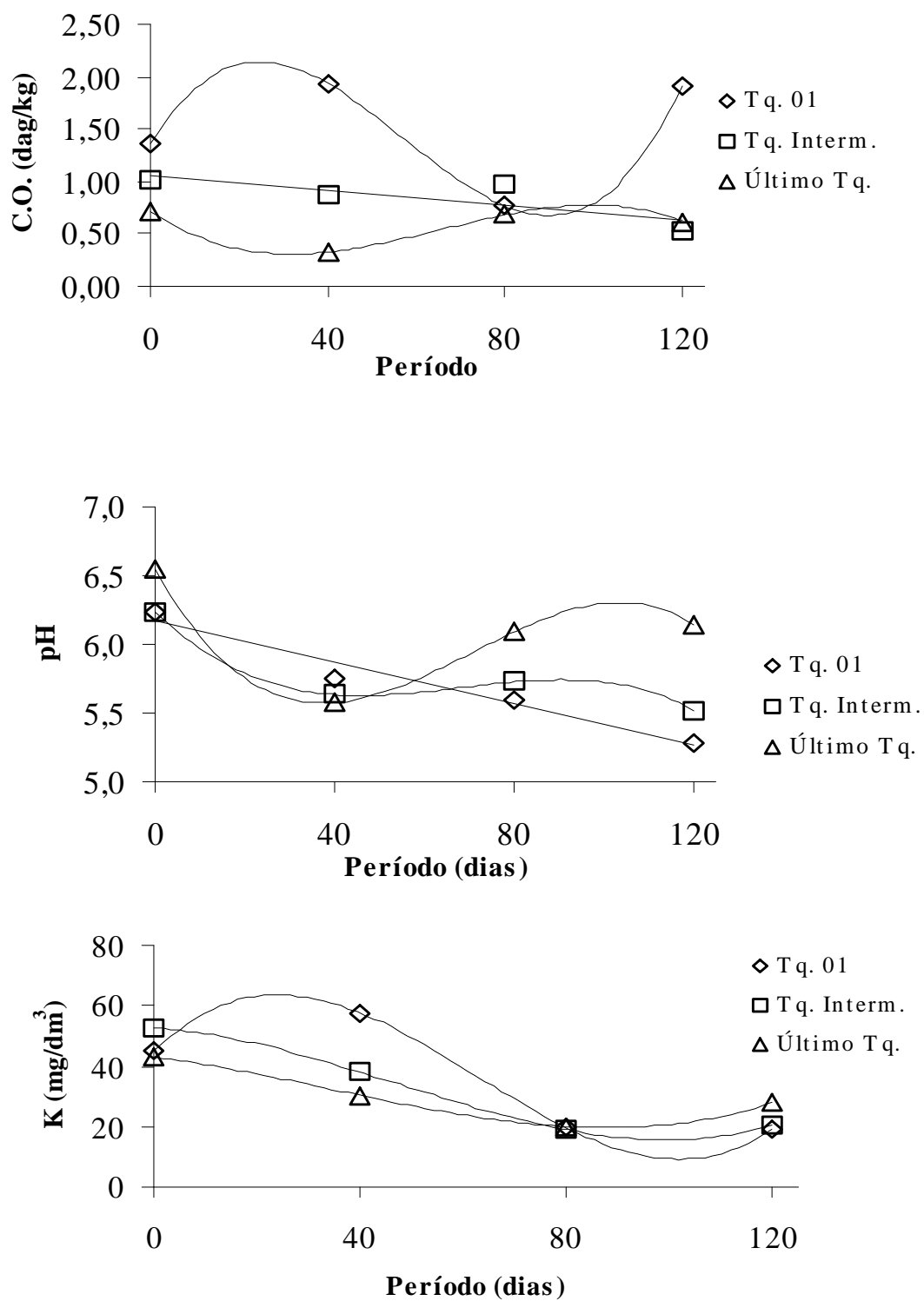


Figura 04 - Valores de carbono orgânico, pH e potássio, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 01. Médias de 3 repetições.

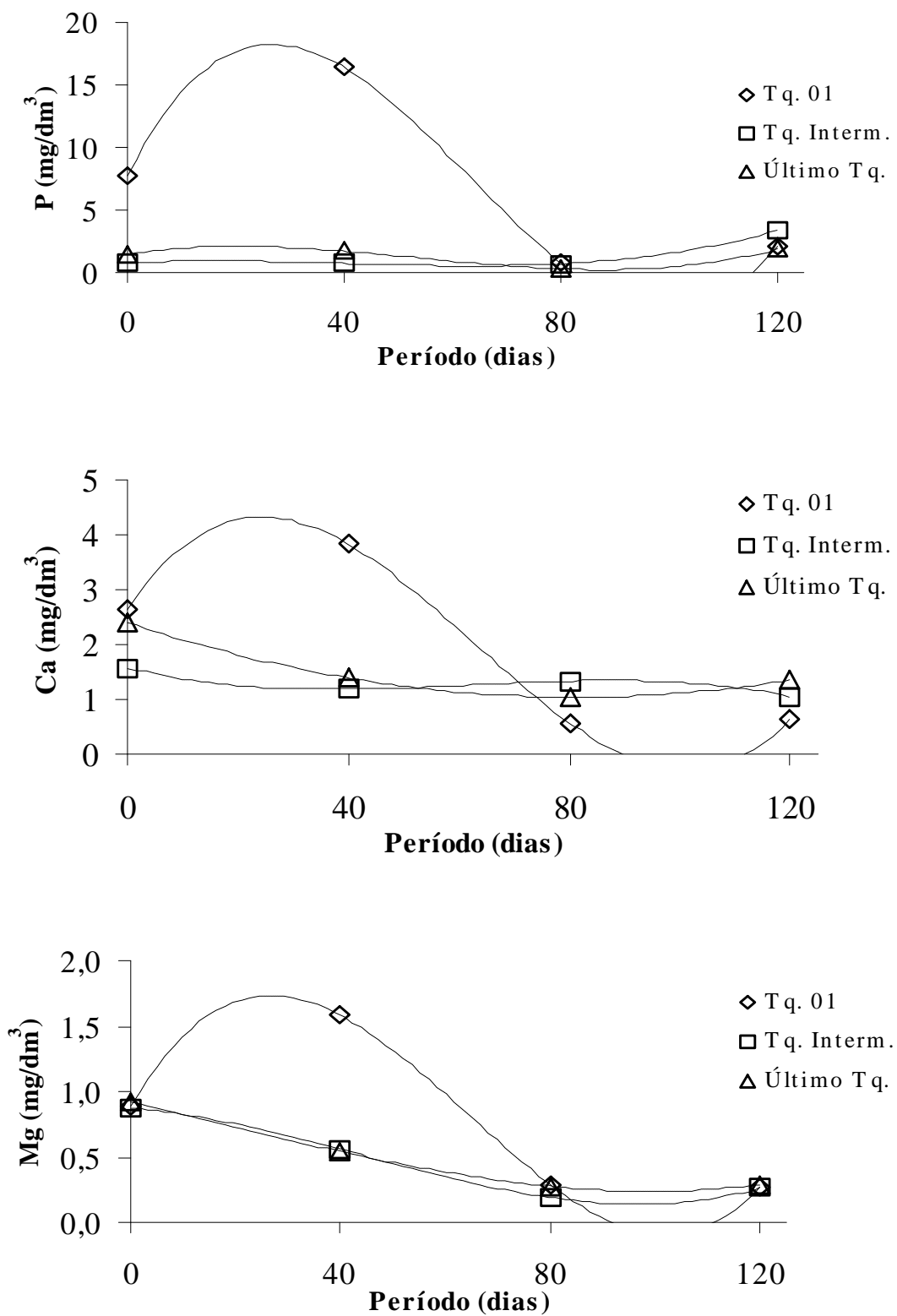


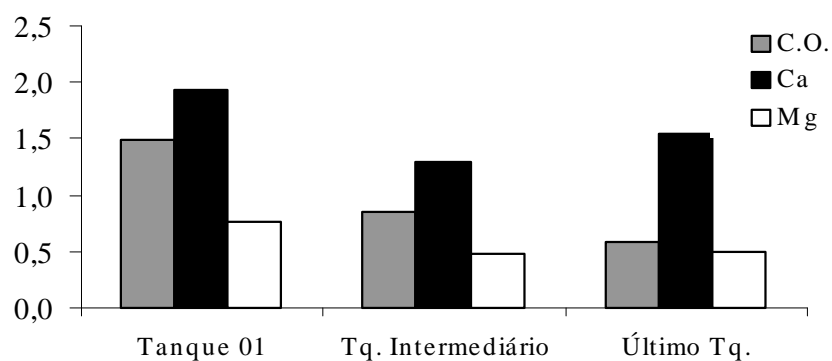
Figura 05 - Valores de fósforo, cálcio e magnésio, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 01. Médias de 3 repetições.

As médias de CO, K e Fe nos sedimentos em cada ponto de coleta, apresentaram comportamento nítido de decréscimo, ao longo dos tanques analisados (Figura 06, Figura 07 e Figura 07, respectivamente). Os maiores valores de CO encontrados no Tanque 01 podem ser explicados pelo manejo realizado nesse tanque, com adubações freqüentes com cama de frango.

As médias de Ca em cada ponto de coleta foram superiores no Tanque 01 (Figura 06), influenciadas pelo manejo empregado nesse tanque com maior adubação e calagem. No Tanque Intermediário os valores diminuem, voltando a subir no Último Tanque. As médias de Mg em cada ponto de coleta foram superiores no Tanque 01, com valores no mesmo patamar para o Tanque Intermediário e Último Tanque (Figura 06).

Os altos valores de P encontrados nas duas primeiras coletas, acarretaram em maiores médias no Tanque 01, com drástica redução nesses valores no Tanque Intermediário e no Último Tanque (Figura 07). BORBA (1998), analisando o impacto de tanques-rede no sedimento observou valores iniciais em torno de $89,93 \text{ mg/dm}^3$ de P e finais de $97,09 \text{ mg/dm}^3$, sugerindo baixo impacto dos tanques-rede em relação a esse elemento. Segundo LOPES et al. (1983), a estocagem de P nos sedimentos é possível por meio da reciclagem desse elemento pela atividade biológica, uma vez que em tanques de piscicultura, há a ressuspensão dos sedimentos tanto pela prática de despesca quanto pelos peixes.

Os valores de pH se apresentaram de forma constante, sendo sempre de caráter ácido (Figura 07). Os resultados encontrados nesse estudo estiveram no mesmo patamar dos observados por BORBA (1998), que, analisando sedimentos situados abaixo de uma criação de peixes em tanque rede, encontrou pH médio na faixa de 5,4 a 5,7 durante o período de estudo.



C.O. em dag/kg; Ca e Mg em mg/dm³

Figura 06 - Valores de carbono orgânico, cálcio e magnésio, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 01. Médias de 3 repetições.

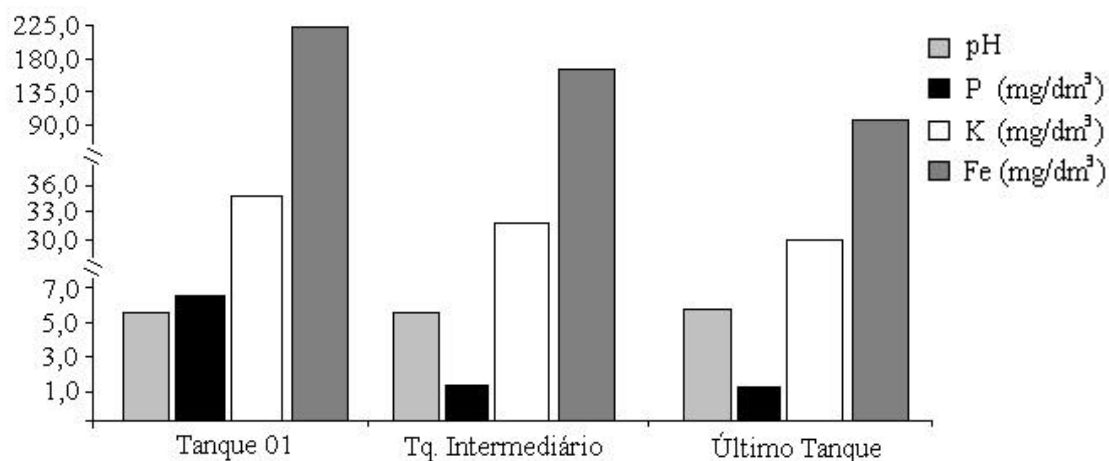


Figura 07 - Valores de pH, fósforo, potássio e ferro, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 01. Médias de 3 repetições.

As médias de Zn, de Mne de Cu em cada ponto de coleta, apresentaram comportamento de decréscimo gradual ao longo dos pontos de coleta (Figura 08).

Os valores médios de Al nos sedimentos estiveram sempre próximos de zero.

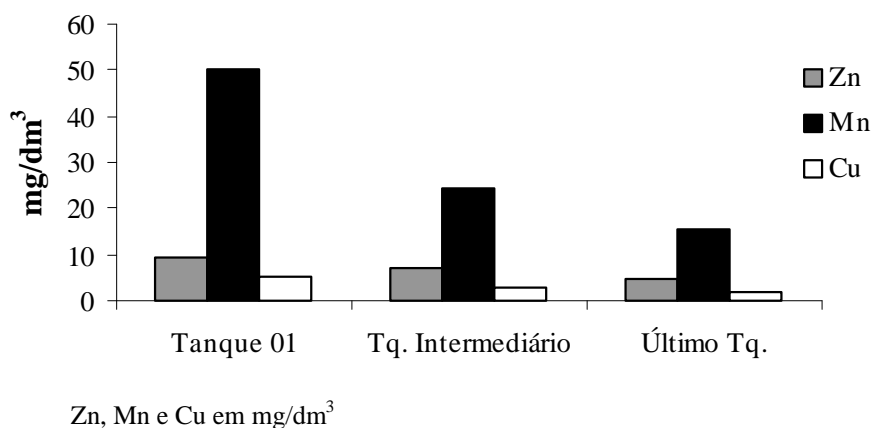


Figura 08 - Valores de zinco, manganês e cobre, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 01. Médias de 3 repetições.

3.2 PROPRIEDADE 02

As médias de carbono orgânico (CO) nos sedimentos ao longo do período de coleta na ÁREA A, apresentaram dois comportamentos diferenciados, sendo o primeiro de leve acréscimo dos valores de CO no Tanque Intermediário e o segundo com a diminuição desses valores no Tanque 01 e no Último Tanque (Figura 09). Na ÁREA B, esses valores apresentaram comportamentos diversos para cada tanque analisado (Figura 09).

As médias de pH, na ÁREA A e B, estiveram na faixa de pH levemente ácido, com alguns pontos perto da neutralidade, principalmente no Último Tanque (Figura 10).

As concentrações médias de K nos sedimentos em todo o período de estudo, nas duas áreas, apresentaram comportamentos variados em cada tanque analisado (Figura 11).

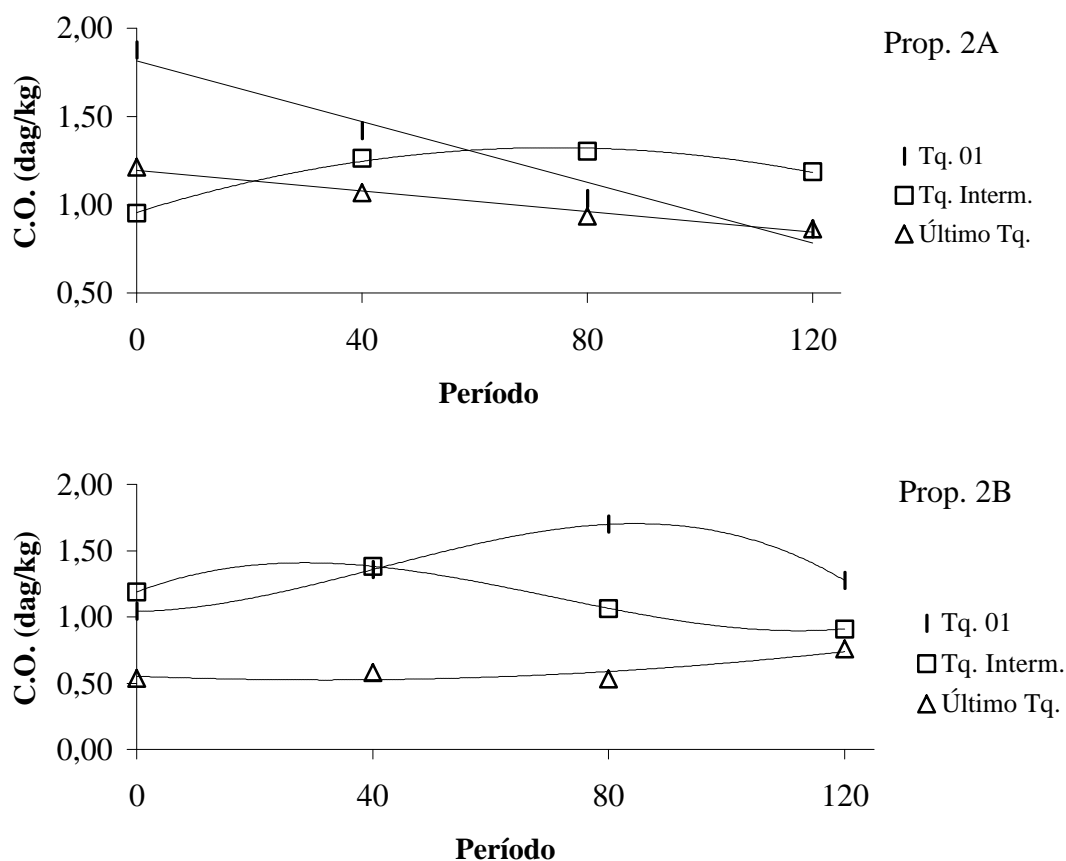


Figura 09 - Valores de carbono orgânico, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 02, ÁREA A e ÁREA B. Médias de 3 repetições.

Os teores médios de P nos sedimentos ao longo do período de coleta, permaneceram sempre dentro de um mesmo patamar no Tanque Intermediário e no Último Tanque e a primeira coleta do Tanque 01 se destaca por apresentar altos níveis de P (Figura 12).

As médias de Ca ao longo do período de coleta nas duas áreas, oscilaram muito pouco no Tanque Intermediário e no Último Tanque, porém no Tanque 01, as médias foram diferentes em cada data coletada, onde nas duas primeiras coletas foram observados valores elevados e nas duas últimas, valores menores (Figura 13).

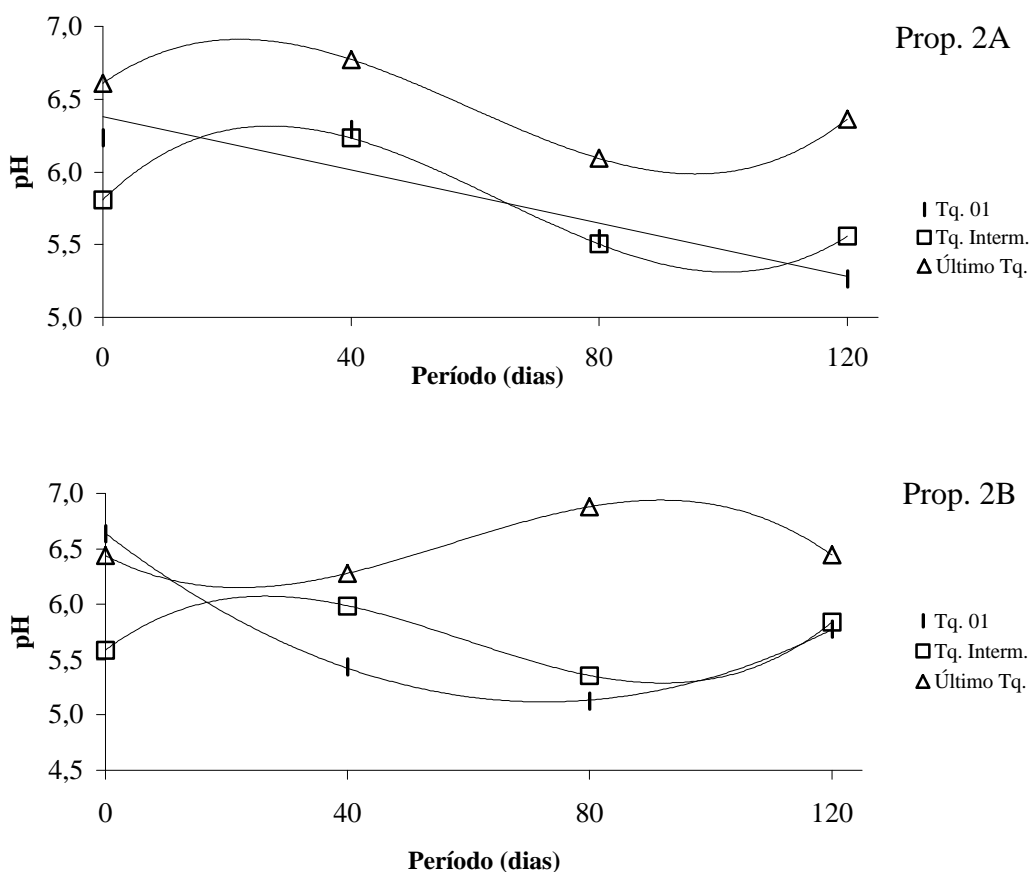


Figura 10 - Valores de pH, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 02, ÁREA A e ÁREA B. Médias de 3 repetições.

Nas duas áreas analisadas, as concentrações de Mg ao longo do período de coleta estiveram sempre muito próximas uma das outras, com exceção de uma coleta em cada área. Na ÁREA A, na segunda coleta, apenas os valores encontrados no Tanque 01, destoaram dos demais (Figura 14), já na ÁREA B, na primeira coleta, mais uma vez, apenas os teores observados no Tanque 01 destoaram (Figura 14).

As médias de CO e de Fe nos sedimentos em cada ponto de coleta, apresentaram comportamento nítido de decréscimo, ao longo dos tanques analisados na ÁREA A (Figura 15 e 17, respectivamente) e na ÁREA B (Figura 16 e 18, respectivamente).

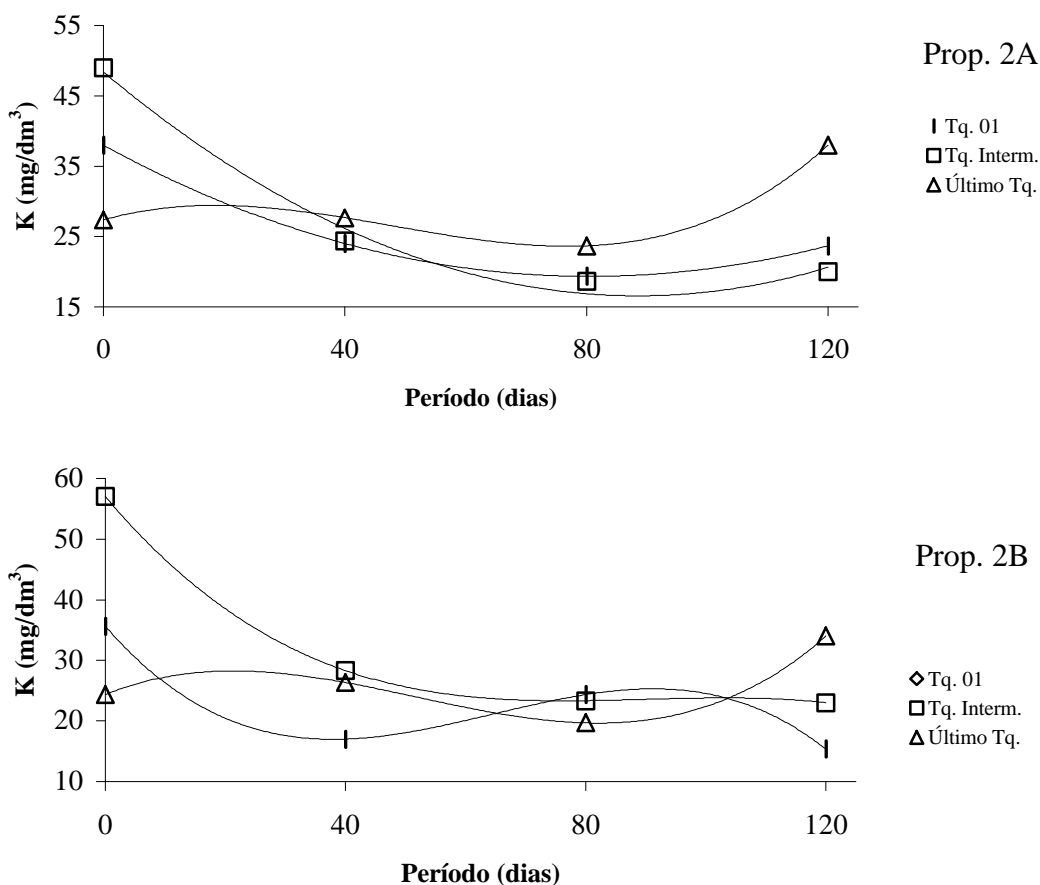


Figura 11 - Valores de potássio, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 02, ÁREA A e ÁREA B. Médias de 3 repetições.

Nos teores de pH em cada ponto de coleta da ÁREA A e da ÁREA B dessa propriedade, observou-se ligeiro aumento a partir do Tanque 01, porém ainda apresentando caráter ácido no Último Tanque (Figura 17 e 18, respectivamente). Os baixos valores de pH encontrados no Tanque 01 e no Tanque Intermediário das duas áreas podem estar relacionados com o teor de CO dos sedimentos, uma vez que é nesses tanques que se encontram os maiores valores de CO, e por consequência, de matéria orgânica, conferindo caráter ácido ao meio.

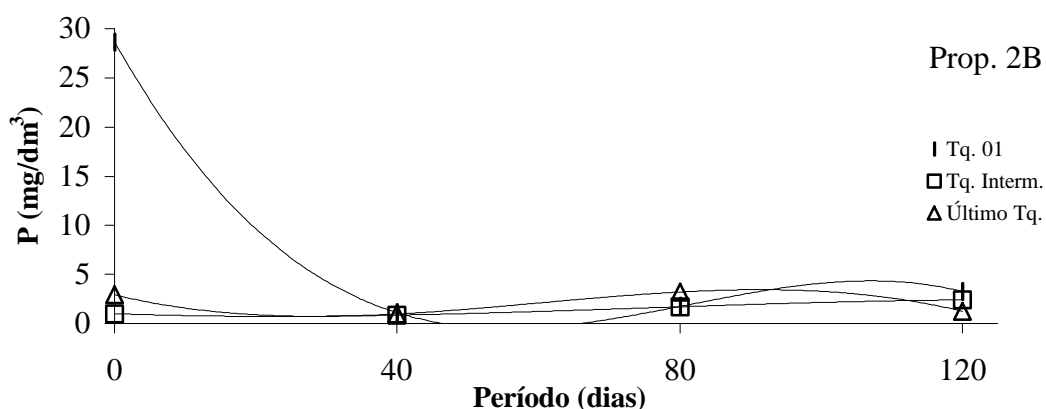
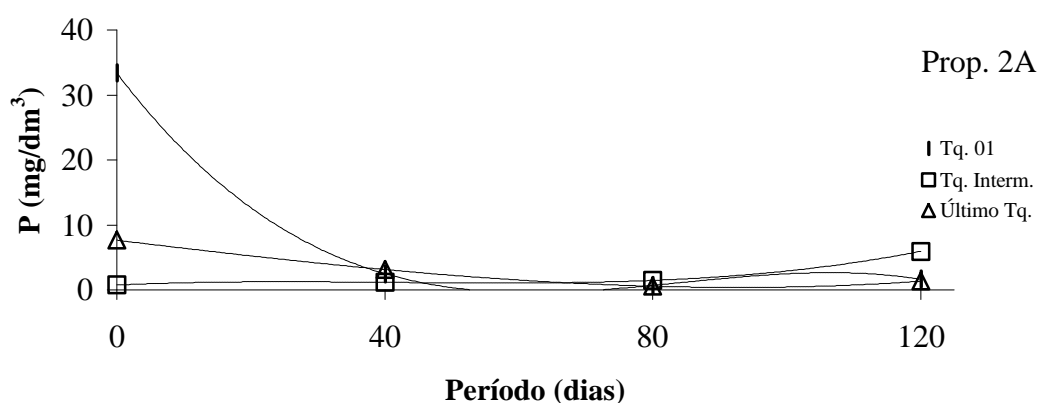


Figura 12 - Valores de fósforo, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 02, ÁREA A e ÁREA B. Médias de 3 repetições.

Os altos valores de P na primeira coleta acarretaram maiores médias de fósforo tanto na ÁREA A quanto na ÁREA B (Figura 17 e 18 respectivamente).

Os valores de Ca em cada ponto de coleta na ÁREA A e na ÁREA B dessa propriedade apresentaram o mesmo comportamento, com valores reduzidos no Tanque Intermediário, quando comparados com os observados no Tanque 01, e mais elevados no Último Tanque, em relação ao Tanque Intermediário (Figura 17 e 18, respectivamente).

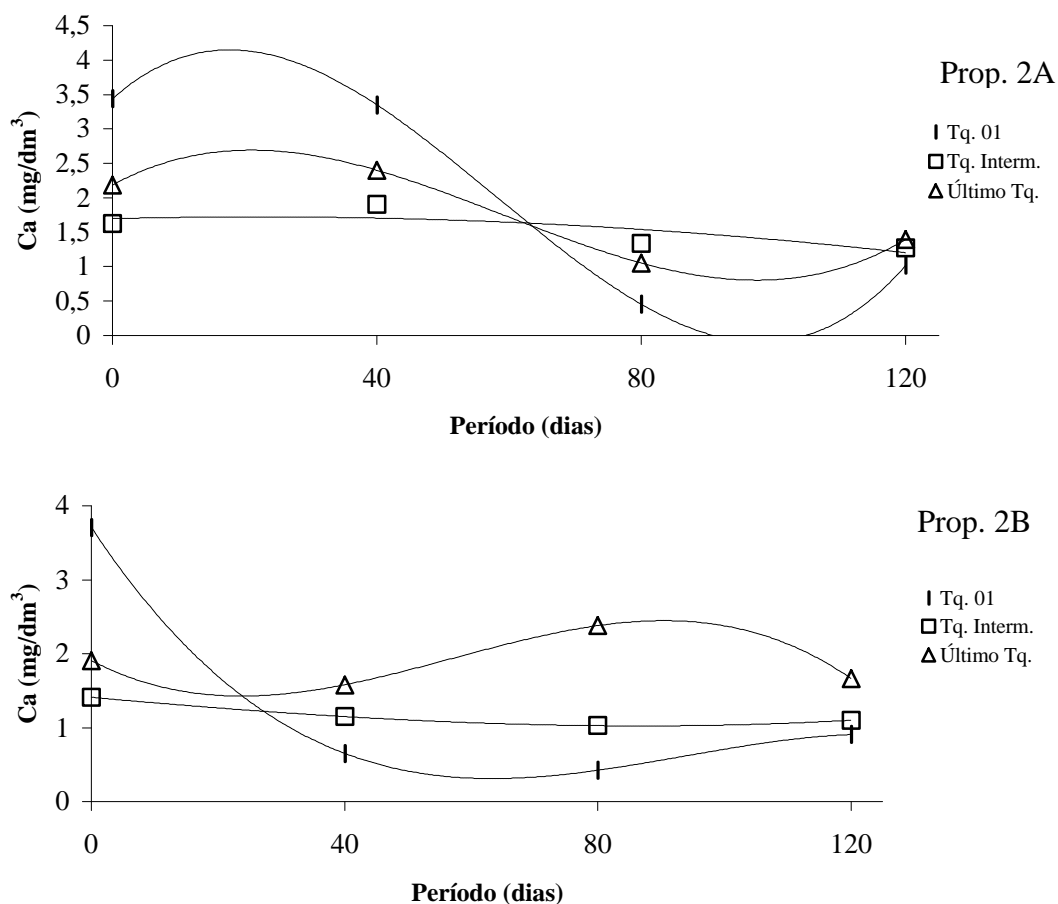


Figura 13 - Valores de cálcio, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 02, ÁREA A e ÁREA B. Médias de 3 repetições.

Nos teores médios de K em cada ponto de coleta da ÁREA A, observou-se comportamento de aumento crescente desses teores ao longo dos pontos coletados (Figura 17). Na ÁREA B, o comportamento foi diferente, com valores menores no Tanque 01, apresentando aumento no Tanque Intermediário e com valores intermediários aos dois pontos anteriores no Último Tanque (Figura 18).

As médias de Mg, em cada ponto de coleta da ÁREA A foram superiores no Tanque 01. No Tanque Intermediário os valores diminuem, voltando a subir no Último Tanque (Figura 17). Na ÁREA B, esses valores apresentam decréscimo constante ao longo dos tanques analisados (Figura 18).

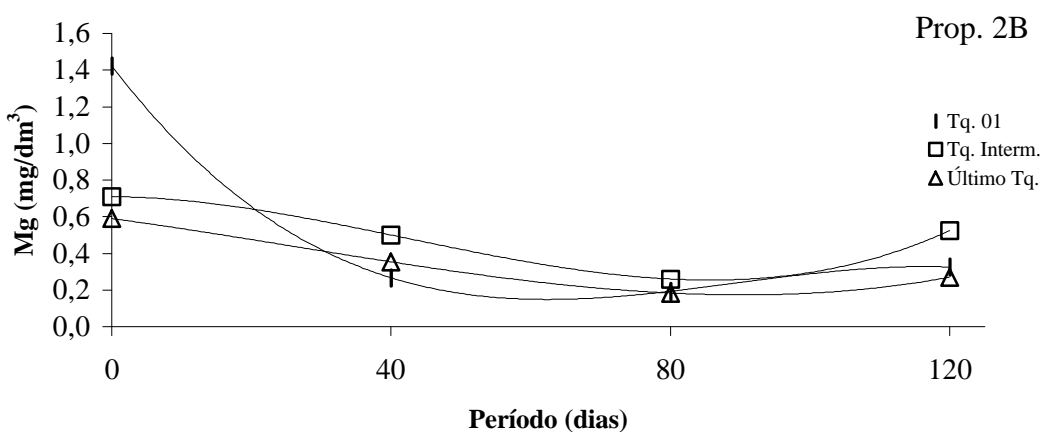
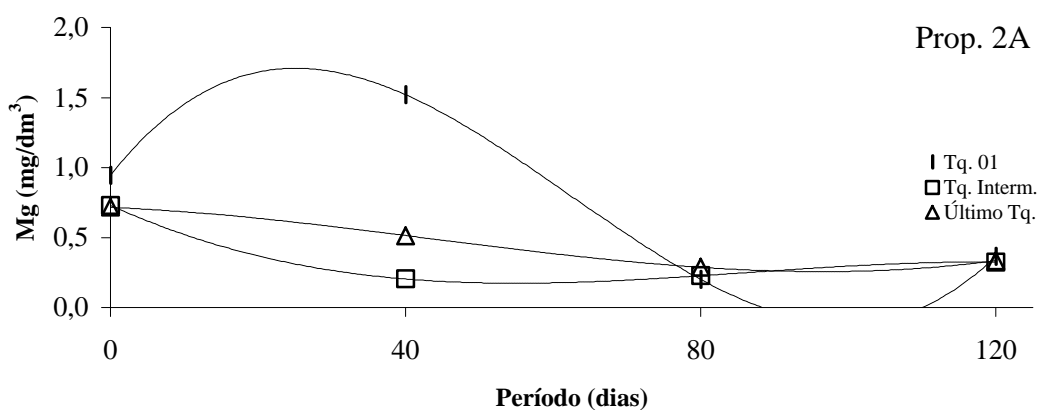


Figura 14 - Valores de magnésio, ao longo do período de coleta, na PROPRIEDADE 02, ÁREA A e ÁREA B. Médias de 3 repetições.

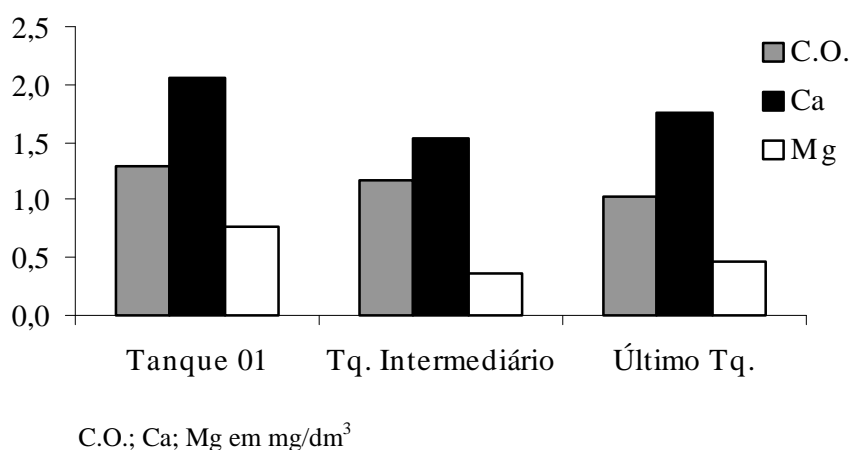
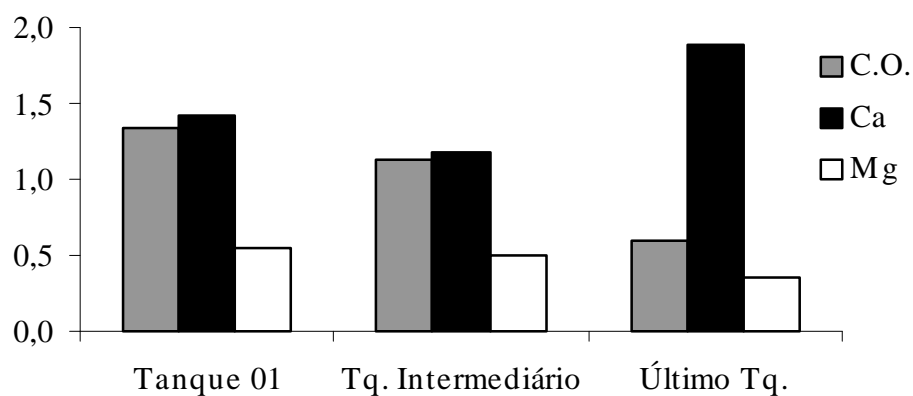


Figura 15 - Valores de carbono orgânico, cálcio e magnésio, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 02, ÁREA A. Médias de 3 repetições.



C.O.; Ca; Mg em mg/dm³

Figura 16 - Valores de carbono orgânico, cálcio e magnésio, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 02, ÁREA B. Médias de 3 repetições.

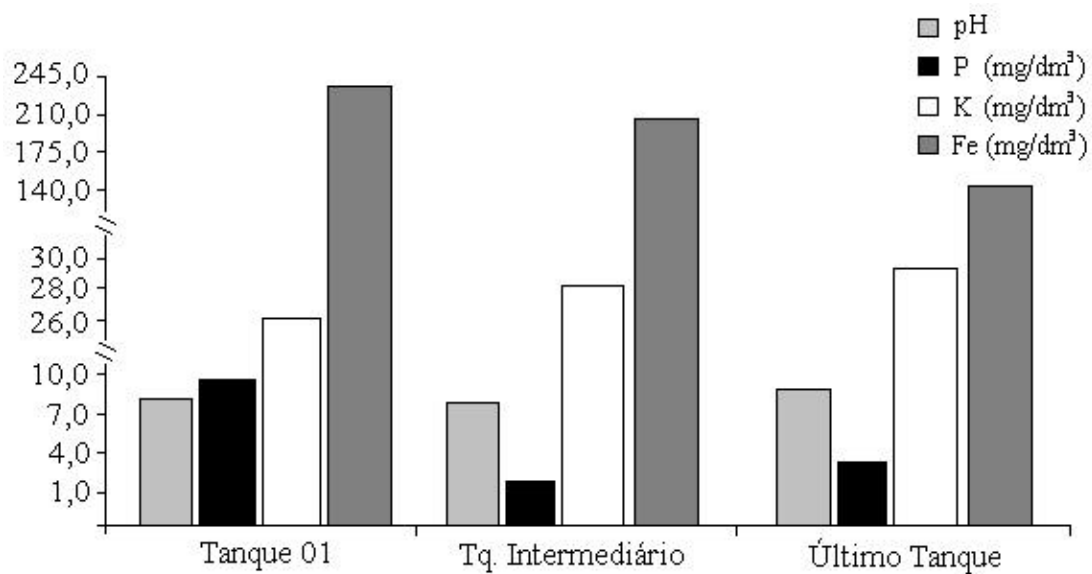


Figura 17 - Valores de pH, fósforo, potássio e ferro, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 02, ÁREA A. Médias de 3 repetições.

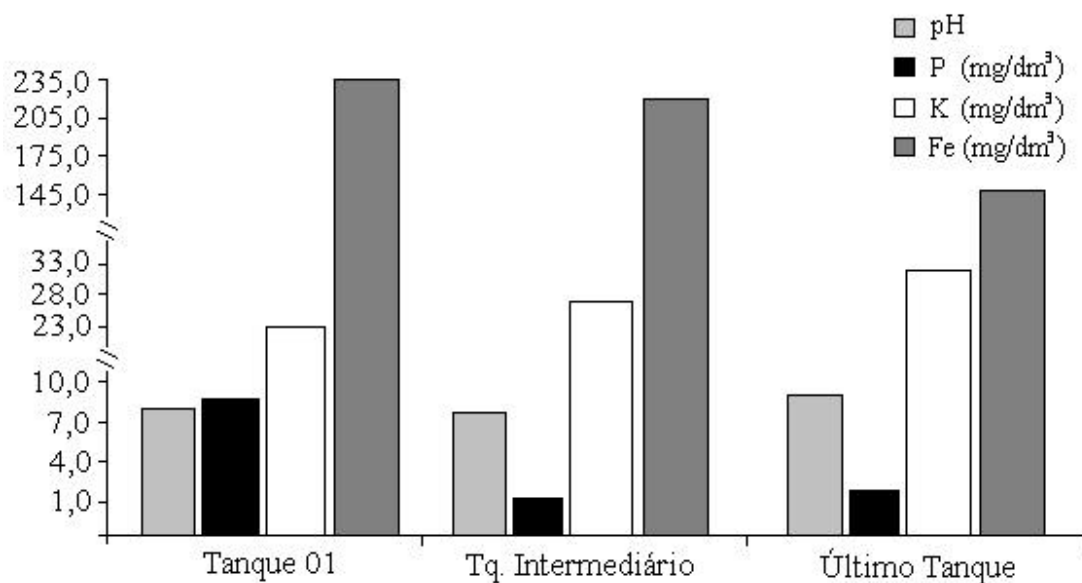


Figura 18 - Valores de pH, fósforo, potássio e ferro, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 02, ÁREA B. Médias de 3 repetições.

Os valores médios de Zn na ÁREA A, permaneceram no mesmo patamar entre o Tanque 01 e Tanque Intermediário, e apresentaram pequeno declínio no Último Tanque, (Figura 19). Na ÁREA B, o comportamento foi diferente, com diminuição dos valores de zinco no Tanque Intermediário, e leve aumento no Último Tanque (Figura 20). Na ÁREA A e na ÁREA B dessa propriedade, os comportamentos do Mn e do Cu foram os mesmos, com decréscimo gradual ao longo dos pontos de coleta (Figura 19 e 20, respectivamente).

Os valores médios de Al nos sedimentos estiveram sempre próximos de zero.

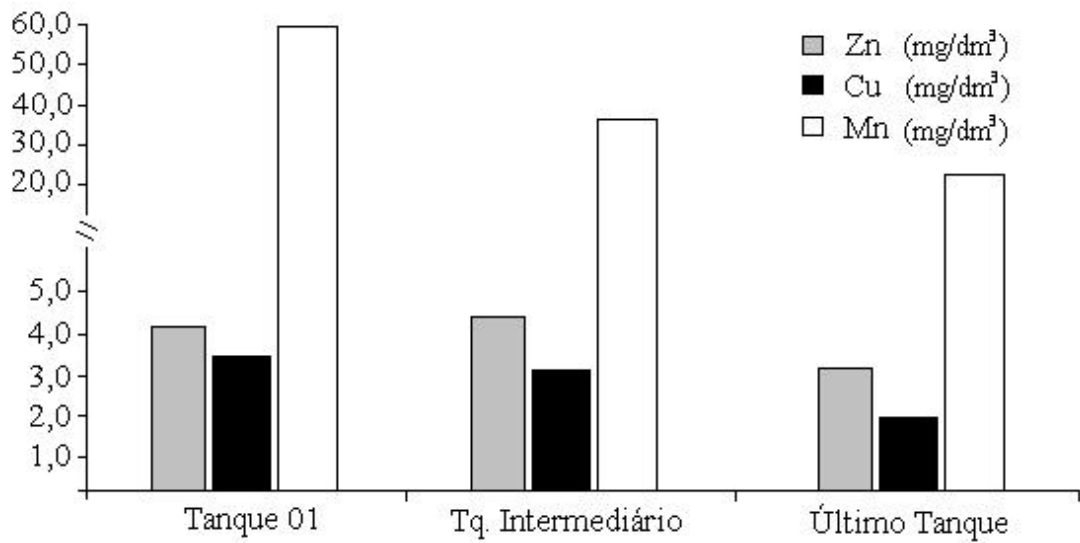


Figura 19 - Valores de zinco, manganês e cobre, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 02, ÁREA A. Médias de 3 repetições.

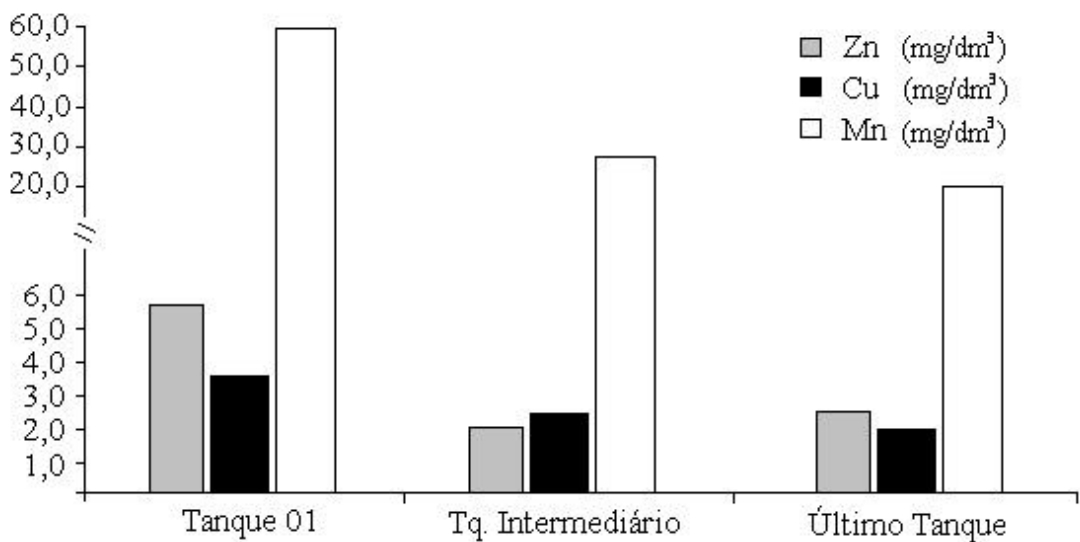


Figura 20 - Valores de zinco, manganês e cobre, em cada ponto de coleta da PROPRIEDADE 02, ÁREA B. Médias de 3 repetições.

4. CONCLUSÃO

Nas duas propriedades estudadas, pode-se perceber que houve um acúmulo dos elementos químicos nos sedimentos, com valores de Ca, Mg, K, P e Fe, maiores que os encontrados tanto no solo quanto na água. Esse fenômeno de acúmulo também foi observado para os metais pesados.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- BEASLEY, R.P. Erosion and sediment pollution, control. 4. ed. Ames, Iowa: University press, 529 p. 1976.
- BUBB, J.M.; LESSER, J.N. Anthropogenic heavy metal inputs to lowland river systems, a case study: the river Stour, U.K. Water, Air and Soil Pollution, Dordrecht, v.78, p.279-296, 1994.
- DEFELIPO B. V. & RIBEIRO, A.C.. Análise Química do Solo (Metodologia). Imprensa Universitária, Universidade Federal de Viçosa, 1991.
- EISMA, D. Suspended Matter in the Aquatic Environment. 1993.
- FAO. Lucha Contra la Contaminación Agrícola de los Recursos Hídricos. Ongley, E.D. (Estudio FAO Riego y Drenaje - 55) GEMS/Water Collaborating Centre Canada Centre for Inland Waters Burlington, Canadá. Acessado no site: <<http://www.fao.org/docrep/W2598S/w2598s04.htm>>. 1997.
- FISZMAN, M.; PFEIFFER, W.C.; LACERDA, L.D. Comparison of methods used for extraction and geochemical distribution of heavy metals in bottom sediments from Sepetiba bay, R.J. Environmental Technology Letters, London, v.5, p.567-575, 1984.
- LACERDA, L.D. Heavy metal pollution in soil and plants of the Irajá river estuarine area in the Guanabara bay. Revista Brasileira de Biologia, Rio de Janeiro, v.42, n.1, p.89-93, fev. 1982.

- LACERDA, L.D.; CARVALHO, C.E.V.; REZENDE, C.E.; PFEIFFER, W.C. Mercury in sediments from the Paraíba do Sul river continental shelf, S.S. Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, Oxford, v.26, n.4, p.220-222, 1993.
- MALM, O.; PFEIFFER, W.C.; FISZMAN, M.; AZENE, J.M.P. Heavy metal concentrations and availability in the bottom sediments of the Paraíba do Sul-Guandu river system, RJ, Brazil. *Environmental Technology Letters*, London, v.10, p.675-680, 1989.
- MANN, S. S., RITCHIE, G. S. P.. The influence of pH on the forms of cadmium in four western Australian soils. *Aust. J. Soil Res.*, 31:255-270, 1993.
- MÉIER, M.C. Research needs in erosion and sediment control. In: *SOIL CONSERVATION SOCIETY OF AMERICA. Soil erosions: prediction and control*. Andeby, Iowa, p. 85-88. 1977.
- NETO, R.B.C. Erosão do Solo ao Longo de Estradas e Produção de Sedimentos na Bacia do rio São Lourenço (MT). Viçosa - MG. 79 p. 2000.
- PÁDUA, H.B. <<http://www.ccinet.com.br/tucunare/demanda.htm>> “Sólidos Totais em Sistemas Aquáticos (Aqüicultura)”. Acessado dia 19/08/2002, 2002.
- ROBINSON, A.R. Sediment. *J. Soil Water Cons.* , v. 26, n. 1, p. 61-62, 1971.
- SILVEIRA, S.S.B. e SANT’ANNA, F.S.P. Meio Ambiente – Aspectos técnicos e Econômicos. 2º Edição. Brasília: IPEA, 238 p. 1996.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. Diagnóstico das Condições Sedimentológicas dos Principais Rios Brasileiros. Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (ELETROBRÁS), Rio de Janeiro. 1991.
- YOEMANS, J.C., BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.*, New York, v.19, n.13, p.1467-1476, 1988.
- WHITE, S. Sediment yield and availability for two reservoir drainage basins in central Luzono, Philippines. En: *Sediment Budgets*. M.P. Bordas and D.E. Walling (comps.). IAHS Publ. No. 174. Int. Assoc. Hydrol. Sci., Wallingford, Reino Unido. págs. 575-581. 1988.
- WOLMAN, M.G.; SCHIK, A.P. Effects of constructions on fluvial sediment, urban and suburban areas of Maryland. *Water Resources Res.*, v. 3, n. 6, p. 451-464, 1967.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A questão principal que levou a realização desse trabalho, o potencial de degradação do ambiente pela atividade piscícola, é uma questão de suma importância para o desenvolvimento da atividade, seja dentro de uma visão ambiental, seja dentro de uma visão de legislação.

As duas propriedades escolhidas para o trabalho foram consideradas representativas da Região de Viçosa-MG, e de maneira geral, estão dentro do quadro encontrado em nosso Estado, onde as pisciculturas semi-intensivas são predominantemente encontradas. Nas duas propriedades foram observados problemas em relação aos manejos realizados, principalmente no que diz respeito aos manejos de água e de alimento, o que deve ter acarretado problemas para o processo produtivo e principalmente para o ambiente, onde muitas vezes foram constatadas degradações da qualidade da água ao longo das pisciculturas. Degradações essas, que além de afetarem o ambiente, podem vir a se tornar problema para os produtores de cada piscicultura, uma vez que, muitas vezes, foram encontrados valores fora da faixa recomendada pela legislação.

Apesar da nossa Região não ter uma fiscalização mais rigorosa em relação à qualidade dos efluentes das atividades piscícolas, em outras regiões do Brasil, a fiscalização começa a impor limites e a exigir o processamento dos efluentes antes desses serem lançados nos corpos d'água. Pode-se dizer,

que um dia, a nossa Região, chegará a esse nível de fiscalização, e para que as duas pisciculturas estudadas se enquadrem dentro dos patamares aceitos pela legislação, devem planejar o processamento dos seus efluentes, para que possam estar dentro da Lei, e continuarem a sua atividade normalmente.

No que diz respeito as características analisadas no ambiente que circunda os tanques de piscicultura, pôde-se observar que a atividade piscícola tem uma possibilidade pequena de sofrer interferência das outras atividades desenvolvidas nas duas propriedades. Esse resultado pode ser considerado bom, tanto do ponto de vista da criação quanto do ponto de vista ambiental, uma vez que sabe-se que outros fatores externos não estarão interferindo no processo de criação e que qualquer alteração na qualidade da água na piscicultura estará ocorrendo por meio dos manejos empregados na criação.

Os sedimentos assumem papel importante nesse estudo pois estão em equilíbrio com a água dos tanques, e são influenciados diretamente pelo material de origem dos solos das propriedades e pelo manejo aplicado em cada tanque. O manejo dos sedimentos, com sua retirada a cada ciclo de cultivo ou a oxidação da matéria orgânica excedente após o esvaziamento dos tanques, é uma prática importante na atividade piscícola e deve começar a ser empregada nas duas propriedades, para que os sedimentos não interfiram na qualidade da água durante o cultivo e para que não degrade a qualidade dessa mesma água a ponto de causar um problema ambiental nas duas propriedades.

ANEXO

ANEXO 01: QUESTIONÁRIO AOS PRODUTORES

- Ficha Técnica:
 - Nome do produtor:
 - Nome da propriedade:
 - Localização:
 - Tamanho da propriedade:
 - Qual a área total inundada (de tanques)?
 - O senhor tem alguma planta dos tanques, ou da propriedade?

- Histórico da área:
 - Quantos tanques existem na propriedade?
 - Qual a área desses tanques?
 - Quando começou a atividade de piscicultura na propriedade?
 - Com quais tanques a piscicultura começou?
 - Você sabe quando cada tanque foi construído?
 - Qual a vazão de água na propriedade? Na época das chuvas e na seca?
 - Você tem alguma anotação de temperatura, oxigênio na água, pH, ou vazão?

- Manejo Alimentar:
 - Que tipo de alimento é dado aos peixes:
 - Ração?
 - Ração e adubação?
 - Só adubação?
 - Outro tipo de alimento é dado para os peixes? Qual?
 - A alimentação é a mesma para todos os tanques?
 - Quanto de comida é dada para os peixes por dia?
 - Quantas vezes ao dia são dados alimentos aos peixes?

- É dado alimento aos peixes todos os dias?
- Tanques:
 - Você esvazia e faz calagem do tanque a cada despesca?
 - Há a retirada do “lodo” do fundo a cada despesca?
 - A entrada de água nos tanques é contínua?
 - Os tanques são comunicados um com o outro?
 - Quem te orientou na construção dos tanques?
- Água:
 - A água da piscicultura entra nos tanques diretamente de nascente ou tem um açude na entrada?
 - Quantas nascentes a propriedade possui?
 - São todas destinadas à piscicultura?
 - Como o senhor decidiu a montar a piscicultura?
 - Depois o último tanque, a água volta direto ao rio?
- Levantamento nos tanques escolhidos:
 - Quais espécies são cultivadas? Em que proporções?
 - Qual a densidade de cultivo?
 - Quanto de ração, adubo ou outro tipo de alimento é dado por dia?
 - Qual espécie que era cultivada antes?
 - Quando começou o cultivo?
 - Quando pretende retirar os peixes? Todos de uma só vez?
 - Foi feito algum tratamento no tanque antes de colocar os peixes?
 - De onde está vindo a água? Nascente ou outro tanque?
 - Para onde está indo essa água? Outro tanque ou para o rio?
 - A saída de água do tanque é feita retirando a água de baixo ou de cima?

LISTA DAS EQUAÇÕES DOS GRÁFICOS DAS CARACTERÍSTICAS ANALISADAS NA ÁGUA

Para todas as equações: **, * e ^{ns}: significativos a 1%, 5% e não significativos pelo teste F, respectivamente

Temperatura

Propriedade 01

Tanque 01 $= 0,232E+02 + 0,103^{**}x - 0,126E-02^{**}x^2 + 0,347E-05^{**}x^3$
 $R^2 = 0,6188$

Tanque Intermediário $= 0,262E+02 + 0,286E-01*x - 0,298E-03^{**}x^2$
 $R^2 = 0,4413$

Último Tanque $= 0,252976E+02 + 0,651786E-01^{**}x - 0,520833E-03^{**}x^2$
 $R^2 = 0,7723$

Prop. 02, ÁREA A

Tanque 01 $= 0,269E+02 - 0,198^{**}x + 0,426E-02^{**}x^2 - 0,226E-04^{**}x^3$
 $R^2 = 0,8538$

Tanque Intermediário $= 0,278E+02 - 0,192^{**}x + 0,376E-02^{**}x^2 + 0,191E-04^{**}x^3$
 $R^2 = 0,6602$

Último Tanque $= 0,277E+02 - 0,213^{**}x + 0,440E-02^{**}x^2 - 0,226E-04^{**}x^3$
 $R^2 = 0,7095$

Prop. 02, ÁREA B

Tanque 01 $= 0,240E+02 + 0,217E-01^{**}x + 0,506E-03^{**}x^2 - 0,521E-05^{**}x^3$
 $R^2 = 0,2879$

Tanque Intermediário $= 0,247E+02 + 0,821E-01^{**}x - 0,595E-03^{**}x^2$
 $R^2 = 0,3723$

Último Tanque $= 0,265E+02 + 0,268E-01^{ns}x - 0,208E-03^{ns}x^2$
 $R^2 = 0,0553$

Transparência

Propriedade 01

Tanque 01 $= 0,358+02 - 0,107+01^{**}x + 0,250E-01^{**}x^2 - 0,132E-03^{**}x^3$
 $R^2 = 0,5636$

Tanque Intermediário $= 0,259E+02 - 0,369E-01^{**}x + 0,323E-02^{**}x^2 - 0,260E-04^{**}x^3$
 $R^2 = 0,2081$

Último Tanque $= 0,300E+02 - 0,488^{**}x + 0,794E-02^{**}x^2 - 0,382E-04^{**}x^3$
 $R^2 = 0,7606$

Prop. 02, ÁREA A

Tanque 01
$$= 0,3752E+02 - 0,742**x + 0,129E-01**x^2 - 0,659722E-04**x^3$$
$$R^2 = 0,4799$$

Tanque Intermediário
$$= 0,201E+02 + 0,325**x - 0,884E-02**x^2 + 0,625E-04**x^3$$
$$R^2 = 0,8025$$

Último Tanque
$$= 0,205E+02 - 0,830E-01**x + 0,729E-03**x^2$$
$$R^2 = 0,0073$$

Prop. 02, ÁREA B

Tanque 01
$$= 0,132E+02 + 0,132E+01**x - 0,224E-01**x^2 + 0,108E-03**x^3$$
$$R^2 = 0,4350$$

Tanque Intermediário
$$= 0,236E+02 + 0,100E+01**x - 0,204E-01**x^2 + 0,109E-03**x^3$$
$$R^2 = 0,2858$$

Último Tanque
$$= 0,259E+02 - 0,237**x + 0,128E-02**x^2$$
$$R^2 = 0,6284$$

Turbidez

Propriedade 01

Nascente
$$= 0,431E+01 + 0,3410**x - 0,130E-01**x^2 + 0,108E-03**x^3$$
$$R^2 = 0,9986$$

Tanque 01
$$= 0,210E+02 + 0,124E+01**x - 0,245E-01**x^2 + 0,120E-03**x^3$$
$$R^2 = 0,7561$$

Tanque Intermediário
$$= 0,317E+02 + 0,157E+01**x - 0,411E-01**x^2 + 0,259E-03**x^3$$
$$R^2 = 0,9906$$

Entrada Último Tq.
$$= 0,309E+02 + 0,155E+01**x - 0,388E-01**x^2 + 0,249E-03**x^3$$
$$R^2 = 0,9786$$

Saída Último Tq.
$$= 0,445E+02 + 0,631**x - 0,251E-01**x^2 + 0,183E-03**x^3$$
$$R^2 = 0,9838$$

Saída da Propriedade
$$= 0,451E+02 - 0,640**x + 0,422E-02**x^2$$
$$R^2 = 0,8838$$

Prop. 02, ÁREA A

Nascente
$$= 0,263E+02 + 0,173E+01**x - 0,290E-01**x^2 + 0,116E-03**x^3$$
$$R^2 = 0,9903$$

Tanque 01
$$= 0,253E+02 + 0,142E+01**x - 0,245E-01**x^2 + 0,162E-03**x^3$$
$$R^2 = 0,8565$$

Entrada Tq Intermed.
$$= 0,373E+02 - 0,115E+01**x + 0,361E-01**x^2 - 0,218E-03**x^3$$
$$R^2 = 0,9639$$

Saída Tq. Intermed.
$$= 0,617E+02 - 0,186E+01**x + 0,438E-01**x^2 - 0,239E-03**x^3$$
$$R^2 = 0,8667$$

Entrada Último Tq. $= 0,545E+02 - 0,266E+01 **x + 0,906E-01 **x^2 - 0,501E-03**x^3$
 $R^2 = 0,9867$

Saída Último Tanque $= 0,606E+02 - 0,265E+01 **x + 0,890E-01 **x^2 - 0,497E-03**x^3$
 $R^2 = 0,9626$

Prop. 02, ÁREA B

Nascente $= 0,120E+02 + 0,539**x - 0,143E-01**x^2 + 0,116E-03**x^3$
 $R^2 = 0,9845$

Tanque 01 $= 0,440E+02 - 0,132E+01^ox + 0,281E-01^ox^2 - 0,148E-03^ox^3$
 $R^2 = 0,9439$

Entrada Tq Intermed. $= 0,296E+02 + 0,335*x - 0,650E-02*x^2 + 0,284E-04*x^3$
 $R^2 = 0,6687$

Saída Tq. Intermed. $= 0,272E+02 + 0,607**x - 0,150E-01**x^2 + 0,832E-04**x^3$
 $R^2 = 0,7549$

Entrada Último Tq. $= 0,772E+02 + 0,136^{ns}x + 0,127E-01^{ns}x^2 - 0,678E-04^{ns}x^3$
 $R^2 = 0,8826$

Saída Último Tanque $= 0,794E+02 + 0,523E+01*x - 0,908E-01^ox^2 + 0,445E-03^ox^3$
 $R^2 = 0,3721$

Sólido Total
Propriedade 01

Nascente $= 0,167E+02 + 0,389E+01 **x - 0,895E-01 **x^2 + 0,512E-03**x^3$
 $R^2 = 0,9507$

Tanque 01 $= 0,477E+02 + 0,335E+01^ox - 0,671E-01^{ns}x^2 + 0,346E-03^{ns}x^3$
 $R^2 = 0,9083$

Tanque Intermediário $= 0,870E+02 + 0,542E+01 **x - 0,132**x^2 + 0,742E-03**x^3$
 $R^2 = 0,8089$

Entrada Último Tq. $= 0,970E+02 + 0,482E+01 **x - 0,115**x^2 + 0,641E-03**x^3$
 $R^2 = 0,8956$

Saída Último Tq. $= 0,234E+03 - 0,630E+01 **x + 0,893E-01 **x^2 - 0,346E-03**x^3$
 $R^2 = 0,9555$

Saída da Propriedade $= 0,196E+03 - 0,474E+01 **x + 0,676E-01 **x^2 - 0,281E-03**x^3$
 $R^2 = 0,9340$

Prop. 02, ÁREA A

Nascente $= 0,500E+01 + 0,221E+01*x - 0,300E-01*x^2 + 0,109E-03*x^3$
 $R^2 = 0,7690$

Tanque 01 $= 0,209E+02 + 0,777^{ns}x - 0,255E-02^{ns}x^2$
 $R^2 = 0,7887$

Entrada Tq Intermed. $= 0,150E+03 - 0,440E+01 **x + 0,883E-01 **x^2 - 0,472E-03**x^3$
 $R^2 = 0,8658$

Saída Tq. Intermed. $= 0,147E+03 - 0,467E+01 **x + 0,928E-01 **x^2 - 0,495E-03**x^3$
 $R^2 = 0,8859$

Entrada Último Tq. $= 0,800E+02 + 0,326^{ns}x + 0,294E-01 *x^2 - 0,193E-03*x^3$
 $R^2 = 0,9341$

Saída Último Tanque $= 0,797E+02 + 0,903*x + 0,449E-01 *x^2 - 0,220E-03*x^3$
 $R^2 = 0,9621$

Prop. 02, ÁREA B

Nascente $= 0,139E+03 - 0,488E+01 **x + 0,696E-01 **x^2 - 0,287E-03*x^3$
 $R^2 = 0,8873$

Tanque 01 $= 0,168E+03 - 0,517E+01 **x + 0,702E-01 *x^2 - 0,297E-03*x^3$
 $R^2 = 0,8923$

Entrada Tq Intermed. $= 0,597E+02 + 0,488E+01 **x - 0,107**x^2 + 0,550E-03**x^3$
 $R^2 = 0,8624$

Saída Tq. Intermed. $= 0,443E+02 + 0,232E+01 *x - 0,420E-01*x^2 + 0,187E-03*x^3$
 $R^2 = 0,4981$

Entrada Último Tq. $= 0,174E+03 - 0,143E+01 *x + 0,270E-01*x^2 - 0,115E-03*x^3$
 $R^2 = 0,4663$

Saída Último Tanque $= 0,166E+03 + 0,246E+01^{ns}x - 0,408E-01^{ns}x^2 + 0,178E-03^{ns}x^3$
 $R^2 = 0,4965$

Oxigênio Dissolvido
Propriedade 01

Nascente $= 0,434E+01 + 0,269E-01 **x - 0,889E-03**x^2 + 0,584E-05**x^3$
 $R^2 = 0,5341$

Tanque 01 $= 0,384E+01 - 0,189E-01^{ns}x + 0,802E-03^{ns}x^2 - 0,567E-05^{ns}x^3$
 $R^2 = 0,0767$

Tanque Intermediário $= 0,357E+01 - 0,571E-01*x + 0,786E-03*x^2 - 0,278E-05*x^3$
 $R^2 = 0,0480$

Entrada Último Tq. $= 0,391E+01 + 0,731E-02*x - 0,104E-02**x^2 + 0,837E-05**x^3$
 $R^2 = 0,4686$

Saída Último Tq. $= 0,509E+01 + 0,102**x - 0,330E-02**x^2 + 0,211E-04**x^3$
 $R^2 = 0,4808$

Saída da Propriedade $= 0,422E+01 + 0,302**x - 0,590E-02**x^2 + 0,274E-04**x^3$
 $R^2 = 0,6395$

Prop. 02, ÁREA A

Nascente $= 0,514E+01 - 0,249E-01**x + 0,126E-02**x^2 - 0,892E-05**x^3$
 $R^2 = 0,4966$

Tanque 01 $= 0,504E+01 - 0,137**x + 0,215E-02**x^2 - 0,104E-04**x^3$
 $R^2 = 0,7848$

Entrada Tq Intermed. $= 0,392E+01 - 0,164**x + 0,436E-02**x^2 - 0,267E-04**x^3$
 $R^2 = 0,6887$

Saída Tq. Intermed. $= 0,244E+01 - 0,338E-01*x + 0,912E-03*x^2 - 0,630E-05*x^3$
 $R^2 = 0,4974$

Entrada Último Tq. $= 0,309E+01 + 0,197E-01^{ns}x + 0,109E-03^o x^2 - 0,240E-05*x^3$
 $R^2 = 0,3756$

Saída Último Tanque $= 0,358E+01 + 0,294E-01^{ns}x - 0,589E-04^{ns}x^2 - 0,198E-05^{ns}x^3$
 $R^2 = 0,3056$

Prop. 02, ÁREA B

Nascente $= 0,490E+01 - 0,153**x + 0,273E-02**x^2 - 0,134E-04**x^3$
 $R^2 = 0,5029$

Tanque 01 $= 0,459E+01 + 0,466E-01**x - 0,706E-03*x^2 + 0,197E-05^o x^3$
 $R^2 = 0,4531$

Entrada Tq Intermed. $= 0,482E+01 - 0,127**x + 0,184E-02**x^2 - 0,833E-05**x^3$
 $R^2 = 0,5107$

Saída Tq. Intermed. $= 0,311E+01 - 0,116**x + 0,211E-02**x^2 - 0,997E-05**x^3$
 $R^2 = 0,5653$

Entrada Último Tq. $= 0,553E+01 - 0,248E-01^{ns}x - 0,441E-03^o x^2 + 0,462E-05*x^3$
 $R^2 = 0,1496$

Saída Último Tanque $= 0,457E+01 + 0,454E-01*x - 0,122E-02**x^2 + 0,690E-05**x^3$
 $R^2 = 0,1354$

pH

Propriedade 01

Nascente $= 0,680E+01 - 0,864E-03^{ns}x - 0,363E-04^{ns}x^2 + 0,266E-06^{ns}x^3$
 $R^2 = 0,1735$

Tanque 01 $= 0,650E+01 + 0,801E-02**x - 0,820E-04*x^2 + 0,335E-06^o x^3$
 $R^2 = 0,3659$

Tanque Intermediário $= 0,683E+01 - 0,779E-03**x - 0,143E-03**x^2 + 0,127E-05**x^3$
 $R^2 = 0,8403$

Entrada Último Tq. $= 0,738E+01 - 0,240E-01^{ns}x + 0,165E-03**x^2$
 $R^2 = 0,9211$

Saída Último Tq. $= 0,703E+01 + 0,431E-01 **x - 0,120E-02 **x^2 + 0,722E-05 **x^3$
 $R^2 = 0,5247$

Saída da Propriedade $= 0,733E+01 + 0,691E-01 **x - 0,178E-02 **x^2 + 0,978E-05 **x^3$
 $R^2 = 0,4312$

Prop. 02, ÁREA A

Nascente $= 0,642E+01 + 0,183E-02^{ns}x - 0,547E-04^{ns}x^2 + 0,498E-06^{ns}x^3$
 $R^2 = 0,0615$

Tanque 01 $= 0,662E+01 + 0,486E-02 *x - 0,206E-03 *x^2 + 0,132E-05 **x^3$
 $R^2 = 0,4084$

Entrada Tq Intermed. $= 0,660E+01 + 0,135E-01 **x - 0,350E-03 **x^2 + 0,208E-05 **x^3$
 $R^2 = 0,5244$

Saída Tq. Intermed. $= 0,722E+01 - 0,318E-01 **x + 0,569E-03 **x^2 - 0,281E-05 **x^3$
 $R^2 = 0,1035$

Entrada Último Tq. $= 0,733E+01 - 0,813E-02^ox + 0,530E-04^{ns}x^2$
 $R^2 = 0,4394$

Saída Último Tanque $= 0,685E+01 + 0,199E-01 **x - 0,360E-03 **x^2 + 0,180E-05 **x^3$
 $R^2 = 0,5262$

Prop. 02, ÁREA B

Nascente $= 0,653E+01 - 0,485E-02 **x + 0,340E-04 **x^2$
 $R^2 = 0,2910$

Tanque 01 $= 0,645E+01 + 0,113E-01 **x - 0,269E-03 **x^2 + 0,139E-05 **x^3$
 $R^2 = 0,1765$

Entrada Tq Intermed. $= 0,833E+01 - 0,978E-01 **x + 0,148E-02 *x^2 - 0,647E-05 *x^3$
 $R^2 = 0,5630$

Saída Tq. Intermed. $= 0,697E+01 - 0,254E-01 **x + 0,506E-03 **x^2 - 0,253E-05 **x^3$
 $R^2 = 0,1728$

Entrada Último Tq. $= 0,684E+01 + 0,145E-01 **x - 0,329E-03 **x^2 + 0,197E-05 **x^3$
 $R^2 = 0,2971$

Saída Último Tanque $= 0,685E+01 + 0,410E-01 **x - 0,879E-03 **x^2 + 0,482E-05 **x^3$
 $R^2 = 0,0810$

DBO

Propriedade 01

Nascente $= 0,117E+01 + 0,304E-01^ox + 0,220E-02 *x^2 - 0,186E-04 *x^3$
 $R^2 = 0,8949$

Tanque 01 $= 0,558E+01 + 0,585E-01 *x - 0,380E-03 *x^2$
 $R^2 = 0,5597$

Tanque Intermediário	$= 0,629E+01 + 0,162^{**}x - 0,107E-02^{*}x^2$ $R^2 = 0,6112$
Entrada Último Tq.	$= 0,488E+01 + 0,145^{ns}x - 0,508E-03^{*}x^2$ $R^2 = 0,7198$
Saída Último Tq.	$= 0,544E+01 - 0,148E-01^{*}x + 0,326E-02^{*}x^2 - 0,212E-04^{*}x^3$ $R^2 = 0,9399$
Saída da Propriedade	$= 0,566E+01 + 0,257E-01^{ns}x + 0,915E-03^{ns}x^2 - 0,561E-05^{ns}x^3$ $R^2 = 0,9354$
Prop. 02, ÁREA A	
Nascente	$= 0,296E+01 + 0,675E-01^{o}x - 0,595E-03^{o}x^2$ $R^2 = 0,1211$
Tanque 01	$= 0,501E+01 - 0,147^{*}x + 0,529E-02^{*}x^2 - 0,310E-04^{*}x^3$ $R^2 = 0,6561$
Entrada Tq Intermed.	$= 0,415E+01 + 0,500E-01^{o}x$ $R^2 = 0,2521$
Saída Tq. Intermed.	$= 0,561E+01 - 0,304^{*}x + 0,872E-02^{**}x^2 - 0,492E-04^{**}x^3$ $R^2 = 0,6789$
Entrada Último Tq.	$= 0,535E+01 - 0,323^{**}x + 0,935E-02^{**}x^2 - 0,505E-04^{**}x^3$ $R^2 = 0,9078$
Saída Último Tanque	$= 0,433E+01 - 0,992E-01^{**}x + 0,227E-02^{**}x^2 - 0,677E-05^{ns}x^3$ $R^2 = 0,8547$
Prop. 02, ÁREA B	
Nascente	$= 0,206E+01 + 0,225E-01^{ns}x + 0,337E-03^{*}x^2$ $R^2 = 0,9388$
Tanque 01	$= 0,125E+01 + 0,340E-01^{*}x + 0,373E-03^{ns}x^2$ $R^2 = 0,9651$
Entrada Tq Intermed.	$= 0,442E+01 + 0,164^{*}x - 0,240E-02^{o}x^2 + 0,134E-04^{o}x^3$ $R^2 = 0,8653$
Saída Tq. Intermed.	$= 0,381E+01 + 0,636E-01^{**}x$ $R^2 = 0,9295$
Entrada Último Tq.	$= 0,120E+02 + 0,330^{*}x - 0,100E-01^{**}x^2 + 0,718E-04^{**}x^3$ $R^2 = 0,9836$
Saída Último Tanque	$= 0,113E+02 + 0,304^{o}x - 0,471E-02^{o}x^2 + 0,362E-04^{*}x^3$ $R^2 = 0,9563$

DQO

Propriedade 01

Nascente
$$= 0,730E+01 + 0,434E-01^{ns}x + 0,2623-02^{ns}x^2 - 0,238E-04^{ns}x^3$$
$$R^2 = 0,6654$$

Tanque 01
$$= 0,276E+02 - 0,141 *x + 0,561E-03^{ns}x^2$$
$$R^2 = 0,6595$$

Tanque Intermediário
$$= 0,361E+02 + 0,946E-01^{ns}x + 0,937E-03^{ns}x^2$$
$$R^2 = 0,8103$$

Entrada Último Tq.
$$= 0,373E+02 + 0,501^{\circ}x - 0,945E-02^{ns}x^2 + 0,589E-04 *x^3$$
$$R^2 = 0,6955$$

Saída Último Tq.
$$= 0,302E+02 - 0,754E-01^{\circ}x + 0,289E-02 *x^2$$
$$R^2 = 0,8391$$

Saída da Propriedade
$$= 0,175E+02 + 0,578 *x - 0,105E-01 *x^2 + 0,497E-04 *x^3$$
$$R^2 = 0,3815$$

Prop. 02, ÁREA A

Nascente
$$= 0,330E+02 - 0,128E+01 *x + 0,286E-01 *x^2 - 0,166E-03 *x^3$$
$$R^2 = 0,3443$$

Tanque 01
$$= 0,394E+02 + 0,432^{\circ}x - 0,242E-01 *x^2 + 0,189E-03 *x^3$$
$$R^2 = 0,7462$$

Entrada Tq Intermed.
$$= 0,408E+02 - 0,972 **x + 0,662E-02 **x^2$$
$$R^2 = 0,6628$$

Saída Tq. Intermed.
$$= 0,854E+01 + 0,161E+01 *x - 0,309E-01 *x^2 + 0,154E-03 *x^3$$
$$R^2 = 0,3743$$

Entrada Último Tq.
$$= 0,645E+02 - 0,241E+01 *x + 0,394E-01 *x^2 - 0,145E-03 *x^3$$
$$R^2 = 0,7711$$

Saída Último Tanque
$$= 0,259E+02 - 0,622 *x + 0,152E-01 *x^2 - 0,463E-04^{\circ}x^3$$
$$R^2 = 0,9729$$

Prop. 02, ÁREA B

Nascente
$$= 0,399E+01 + 0,122E+01 **x - 0,255E-01 **x^2 + 0,129E-03 **x^3$$
$$R^2 = 0,9581$$

Tanque 01
$$= 0,422E+02 - 0,833 **x + 0,435E-02 **x^2$$
$$R^2 = 0,9500$$

Entrada Tq Intermed.
$$= 0,557E+02 - 0,869 **x + 0,430E-02 *x^2$$
$$R^2 = 0,8663$$

Saída Tq. Intermed.
$$= 0,425E+02 - 0,434^{ns}x - 0,828E-03^{ns}x^2 + 0,199E-04^{ns}x^3$$
$$R^2 = 0,9348$$

Entrada Último Tq. $= 0,969E+02 - 0,167E+01**x + 0,151E-01**x^2$
 $R^2 = 0,9568$

Saída Último Tanque $= 0,108E+03 - 0,469^{ns}x - 0,104E-01*x^2 + 0,160E-03*x^3$
 $R^2 = 0,9670$

Condutividade elétrica
 Propriedade 01

Nascente $= 0,788E+02 + 0,920**x - 0,225E-01**x^2 + 0,105E-03**x^3$
 $R^2 = 0,9586$

Tanque 01 $= 0,554E+02 + 0,699**x - 0,162E-01**x^2 + 0,106E-03**x^3$
 $R^2 = 0,9835$

Tanque Intermediário $= 0,860E+02 - 0,444**x + 0,259E-02**x^2$
 $R^2 = 0,9714$

Entrada Último Tq. $= 0,868E+02 - 0,616**x + 0,783E-02*x^2 - 0,328E-04*x^3$
 $R^2 = 0,9194$

Saída Último Tq. $= 0,932E+02 - 0,564**x + 0,530E-02*x^2 - 0,194E-04*x^3$
 $R^2 = 0,9712$

Saída da Propriedade $= 0,835E+02 - 0,159*x - 0,462E-02**x^2 + 0,441E-04**x^3$
 $R^2 = 0,9838$

Prop. 02, ÁREA A

Nascente $= 0,375E+02 + 0,404E-01^{ns}x - 0,127E-02^{ns}x^2 + 0,651E-05^{ns}x^3$
 $R^2 = 0,9541$

Tanque 01 $= 0,408E+02 - 0,707E-01^{ns}x + 0,161E-02^{ns}x^2 - 0,868E-05^{ns}x^3$
 $R^2 = 0,9644$

Entrada Tq Intermed. $= 0,429E+02 + 0,255E+01**x - 0,561E-01**x^2 + 0,317E-03**x^3$
 $R^2 = 0,9970$

Saída Tq. Intermed. $= 0,496E+02 + 0,197E+01**x - 0,430E-01**x^2 + 0,245E-03**x^3$
 $R^2 = 0,9869$

Entrada Último Tq. $= 0,633E+02 + 0,119E+01**x - 0,273E-01**x^2 + 0,162E-03**x^3$
 $R^2 = 0,9744$

Saída Último Tanque $= 0,685E+02 + 0,913**x - 0,229E-01**x^2 + 0,142E-03**x^3$
 $R^2 = 0,9898$

Prop. 02, ÁREA B

Nascente $= 0,220E+02 + 0,238^{ns}x - 0,484E-02^{ns}x^2 + 0,264E-04^{ns}x^3$
 $R^2 = 0,0441$

Tanque 01 $= 0,279E+02 + 0,379**x - 0,631E-02**x^2 + 0,286E-04**x^3$
 $R^2 = 0,9122$

Entrada Tq Intermed. $= 0,464E+02 + 0,126E+01**x - 0,278E-01**x^2 + 0,160E-03**x^3$
 $R^2 = 0,9914$

Saída Tq. Intermed. $= 0,476E+02 - 0,769**x + 0,372E-01**x^2 - 0,242E-03**x^3$
 $R^2 = 0,9964$

Entrada Último Tq. $= 0,625E+02 - 0,182E+01**x + 0,628E-01**x^2 - 0,380E-03**x^3$
 $R^2 = 0,1159$

Saída Último Tanque $= 0,650E+02 + 0,251**x - 0,560E-02**x^2 + 0,482E-04**x^3$
 $R^2 = 0,9934$

Amônia
Propriedade 01

Nascente $= 0,109 - 0,102E-02**x + 0,404E-05**x^2 + 0,419E-07**x^3$
 $R^2 = 0,9834$

Tanque 01 $= 0,112116 - 0,138E-02**x + 0,148E-04**x^2 - 0,227E-07**x^3$
 $R^2 = 0,9945$

Tanque Intermediário $= 0,113 - 0,183E-02**x - 0,292E-04**x^2 - 0,106E-06**x^3$
 $R^2 = 0,9881$

Entrada Último Tq. $= 0,118 - 0,207E-02**x + 0,329E-04**x^2 - 0,122E-06**x^3$
 $R^2 = 0,9969$

Saída Último Tq. $= 0,118 - 0,216E-02**x + 0,356E-04**x^2 - 0,131E-06**x^3$
 $R^2 = 0,9956$

Saída da Propriedade $= 0,122 - 0,211E-02**x + 0,294E-04**x^2 - 0,787E-07**x^3$
 $R^2 = 0,9964$

Prop. 02, ÁREA A

Nascente $= 0,122 - 0,168E-02**x + 0,453E-04**x^2 - 0,261E-06**x^3$
 $R^2 = 0,6189$

Tanque 01 $= 0,135 - 0,293E-02**x + 0,692E-04**x^2 - 0,378E-06**x^3$
 $R^2 = 0,9778$

Entrada Tq Intermed. $= 0,122 + 0,157E-02**x - 0,276E-04**x^2 + 0,150E-06**x^3$
 $R^2 = 0,9842$

Saída Tq. Intermed. $= 0,115 + 0,265E-02**x - 0,557E-04**x^2 + 0,304E-06**x^3$
 $R^2 = 0,9791$

Entrada Último Tq. $= 0,116 + 0,818E-03**x - 0,718E-05**x^2 + 0,343E-07**x^3$
 $R^2 = 0,9924$

Saída Último Tanque $= 0,118 + 0,105E-02**x - 0,151E-04**x^2 + 0,887E-07**x^3$
 $R^2 = 0,9896$

Prop. 02, ÁREA B

Nascente $= 0,110 - 0,101E-02x + 0,296E-04x^2 - 0,151E-06x^3$
 $R^2 = 0,9151$

Tanque 01 $= 0,117 - 0,144E-02x + 0,319E-04x^2 - 0,142E-06x^3$
 $R^2 = 0,9952$

Entrada Tq Intermed. $= 0,108 + 0,697E-03x + 0,496E-05x^2 - 0,509E-07x^3$
 $R^2 = 0,9812$

Saída Tq. Intermed. $= 0,115 + 0,233E-03x + 0,159E-04x^2 - 0,109E-06x^3$
 $R^2 = 0,9910$

Entrada Último Tq. $= 0,129 - 0,328E-03x + 0,167E-04x^2 - 0,934E-07x^3$
 $R^2 = 0,9900$

Saída Último Tanque $= 0,123 - 0,605E-03x + 0,232E-04x^2 - 0,121E-06x^3$
 $R^2 = 0,9943$

Fósforo

Propriedade 01

Nascente $= 0,730E-01 + 0,182E-01**x - 0,353E-03**x^2 + 0,174E-05**x^3$
 $R^2 = 0,9062$

Tanque 01 $= 0,212 + 0,126E-01**x - 0,286E-03**x^2 + 0,152E-05**x^3$
 $R^2 = 0,4110$

Tanque Intermediário $= 0,163 + 0,324E-02^{ns}x - 0,205E-04^{ns}x^2$
 $R^2 = 0,6312$

Entrada Último Tq. $= 0,276 + 0,143E-02^{ns}x - 0,137E-04^{ns}x^2$
 $R^2 = 0,0136$

Saída Último Tq. $= 0,259 - 0,284E-02^{ns}x + 0,768E-04^{ns}x^2 - 0,454E-06^{ns}x^3$
 $R^2 = 0,0960$

Saída da Propriedade $= 0,206 + 0,908E-03^o x - 0,113E-04^o x^2$
 $R^2 = 0,3393$

Prop. 02, ÁREA A

Nascente $= 0,170 + 0,879E-02^o x - 0,192E-03^o x^2 + 0,959E-06^o x^3$
 $R^2 = 0,1804$

Tanque 01 $= 0,152 - 0,599E-02^{ns}x + 0,243E-03^o x^2 - 0,149E-05^o x^3$
 $R^2 = 0,3528$

Entrada Tq Intermed. $= 0,452 - 0,840E-02^o x + 0,697E-04^o x^2$
 $R^2 = 0,9693$

Saída Tq. Intermed. $= 0,204 - 0,493E-02^o x + 0,113E-03^o x^2 - 0,626E-06^o x^3$
 $R^2 = 0,0064$

Entrada Último Tq.	$= 0,271 - 0,118E-01*x + 0,260E-03*x^2 - 0,129E-05*x^3$ $R^2 = 0,2651$
Saída Último Tanque	$= 0,220 - 0,865E-02*x + 0,236E-03*x^2 - 0,126E-05*x^3$ $R^2 = 0,8190$
Prop. 02, ÁREA B	
Nascente	$= 0,314 + 0,530E-03*x - 0,610E-04*x^2 + 0,372E-06*x^3$ $R^2 = 0,8584$
Tanque 01	$= 0,306 + 0,848E-03*x - 0,819E-04*x^2 + 0,532E-06*x^3$ $R^2 = 0,8587$
Entrada Tq Intermed.	$= 0,348 + 0,567E-02*x - 0,189E-03*x^2 + 0,115E-05*x^3$ $R^2 = 0,6571$
Saída Tq. Intermed.	$= 0,387 - 0,288E-02*x + 0,677E-05*x^2$ $R^2 = 0,6472$
Entrada Último Tq.	$= 0,320 - 0,168E-02*x + 0,236E-04*x^2$ $R^2 = 0,4149$
Saída Último Tanque	$= 0,429 - 0,793E-02*x + 0,933E-04*x^2$ $R^2 = 0,4884$

LISTA DAS EQUAÇÕES DOS GRÁFICOS DAS CARACTERÍSTICAS ANALISADAS NO SEDIMENTO

Para todas as equações: **, * e ^{ns}: significativos a 1%, 5% e não significativos pelo teste F, respectivamente

C.O.

Propriedade 01

Tanque 01 $-0.506E+01 + 0.107E+02*x - 0.496E+01*x^2 + 0.680*x^3$
 $R^2 = 0,3193$

Tanque Intermediário $0.120E+01 - 0.140^o x$
 $R^2 = 0,1744$

Último Tanque $0.300E+01 - 0.363E+01^o x + 0.153E+01^o x^2 - 0.194^{ns} x^3$
 $R^2 = 0,2581$

Prop. 02, ÁREA A

Tanque 01 $0.216E+01 - 0.343*x$
 $R^2 = 0,2028$

Tanque Intermediário $0.456 + 0.609^o x - 0.107^{ns} x^2$
 $R^2 = 0,0717$

Último Tanque $0.131E+01 - 0.118*x$
 $R^2 = 0,3124$

Prop. 02, ÁREA B

Tanque 01 $0.154E+01 - 0.117E+01^{ns} x + 0.805^{ns} x^2 - 0.132^{ns} x^3$
 $R^2 = 0,3350$

Tanque Intermediário $-0.190 + 0.219E+01^{ns} x - 0.929^{ns} x^2 + 0.112^{ns} x^3$
 $R^2 = 0,6587$

Último Tanque $0.667 - 0.159^{ns} x + 0.442E-01^{ns} x^2$
 $R^2 = 0,0216$

pH

Propriedade 01

Tanque 01 $0.646E+01 - 0.299*x$
 $R^2 = 0,7311$

Tanque Intermediário $0.854E+01 - 0.348E+01*x + 0.1347E+01^o x^2 - 0.166^o x^3$
 $R^2 = 0,5186$

Último Tanque $0.109E+02 - 0.677E+01** x + 0.269E+01** x^2 - 0.324** x^3$
 $R^2 = 0,8074$

Prop. 02, ÁREA A

Tanque 01 $0.675E+01 - 0.366*x$
 $R^2 = 0,4537$

Tanque Intermediário $0.230E+01 + 0.570E+01*x + 0.251E+01*x^2 + 0.323*x^3$
 $R^2 = 0,1182$

Último Tanque $0.381E+01 + 0.472E+01*x - 0.221E+01*x^2 + 0.299*x^3$
 $R^2 = 0,8838$

Prop. 02, ÁREA B

Tanque 01 $0.878E+01 - 0.261E+01*x + 0.464*x^2$
 $R^2 = 0,7396$

Tanque Intermediário $0.202E+01 + 0.587E+01*x - 0.265E+01*x^2 + 0.357*x^3$
 $R^2 = 0,4534$

Último Tanque $0.916E+01 - 0.459E+01*x + 0.218E+01*x^2 - 0.299*x^3$
 $R^2 = 0,7957$

Fósforo

Propriedade 01

Tanque 01 $-0.666E+02 + 0.121E+03*x - 0.534E+02*x^2 + 0.688E+01*x^3$
 $R^2 = 0,9832$

Tanque Intermediário $-0.188E+01 + 0.489E+01*x - 0.268E+01*x^2 + 0.447*x^3$
 $R^2 = 0,7516$

Último Tanque $-0.487E+01 + 0.110E+02*x - 0.537E+01*x^2 + 0.761*x^3$
 $R^2 = 0,4107$

Prop. 02, ÁREA A

Tanque 01 $0.119E+03 - 0.123E+03*x + 0.408E+02*x^2 - 0.438E+01*x^3$
 $R^2 = 0,9930$

Tanque Intermediário $0.343E+01 + 0.348E+01*x + 0.101E+01*x^2$
 $R^2 = 0,3044$

Último Tanque $0.125E+02 - 0.463E+01*x - 0.503*x^2 + 0.241*x^3$
 $R^2 = 0,9861$

Prop. 02, ÁREA B

Tanque 01 $0.111683E+03 - 0.120E+03*x + 0.414E+02*x^2 - 0.455E+01*x^3$
 $R^2 = 0,9872$

Tanque Intermediário $0.330E+01 - 0.376E+01*x + 0.165E+01*x^2 - 0.192*x^3$
 $R^2 = 0,7939$

Último Tanque $0.173E+02 - 0.235E+02*x + 0.104E+02*x^2 - 0.139E+01*x^3$
 $R^2 = 0,8300$

Potássio

Propriedade 01

Tanque 01 $-0.107E+03 + 0.251E+03**x - 0.114E+03**x^2 + 0.147E+02**x^3$
 $R^2 = 0,8848$

Tanque Intermediário $0.383E+02 + 0.370E+02^{ns}x - 0.268E+02^{ns}x^2 + 0.411E+01^{ns}x^3$
 $R^2 = 0,5694$

Último Tanque $0.420E+02 + 0.131E+02^{ns}x - 0.148E+02^{ns}x^2 + 0.267E+01^{ns}x^3$
 $R^2 = 0,6180$

Prop. 02, ÁREA A

Tanque 01 $0.611E+02 - 0.277E+02**x + 0.458E+01**x^2$
 $R^2 = 0,7701$

Tanque Intermediário $0.105E+03 - 0.752E+02*x + 0.215E+02*x^2 - 0.200E+01^{ns}x^3$
 $R^2 = 0,9260$

Último Tanque $0.710E-11 + 0.484E+02*x - 0.248E+02*x^2 + 0.378E+01*x^3$
 $R^2 = 0,7831$

Prop. 02, ÁREA B

Tanque 01 $0.123E+03 - 0.135E+03*x + 0.553E+02*x^2 - 0.705E+01*x^3$
 $R^2 = 0,5623$

Tanque Intermediário $0.128E+03 - 0.990E+02^ox + 0.308E+02^{ns}x^2 - 0.317E+01^{ns}x^3$
 $R^2 = 0,7046$

Último Tanque $-0.160E+02 + 0.694E+02**x - 0.340E+02**x^2 + 0.494E+01**x^3$
 $R^2 = 0,8897$

Cálcio

Propriedade 01

Tanque 01 $-0.107E+02 + 0.220E+02**x - 0.998E+01**x^2 + 0.129E+01**x^3$
 $R^2 = 0,9836$

Tanque Intermediário $0.350E+01 - 0.302E+01^ox + 0.126E+01^ox^2 - 0.164^ox^3$
 $R^2 = 0,2850$

Último Tanque $0.407E+01 - 0.199E+01^{ns}x + 0.327^{ns}x^2 + 0.555E-03^{ns}x^3$
 $R^2 = 0,8634$

Prop. 02, ÁREA A

Tanque 01 $-0.555E+01 + 0.156E+02**x - 0.767E+01**x^2 + 0.104E+01**x^3$
 $R^2 = 0,8487$

Tanque Intermediário $0.195E+01 - 0.165^{ns}x$
 $R^2 = 0,0462$

Último Tanque $-0.284E+01 + 0.851E+01**x - 0.403E+01**x^2 + 0.542**x^3$
 $R^2 = 0,8673$

Prop. 02, ÁREA B

Tanque 01 $0.117E+02 - 0.111E+02**x + 0.352E+01*x^2 - 0.352*x^3$
 $R^2 = 0,9440$

Tanque Intermediário $0.185E+01 - 0.522^o x + 0.833E-01^{ns}x^2$
 $R^2 = 0,2110$

Último Tanque $0.600E+01 - 0.686E+01*x + 0.320E+01*x^2 - 0.440*x^3$
 $R^2 = 0,3502$

Magnésio

Propriedade 01

Tanque 01 $-0.501E+01 + 0.961E+01**x - 0.424E+01**x^2 + 0.542**x^3$
 $R^2 = 0,9640$

Tanque Intermediário $0.650 + 0.656^{ns}x - 0.515^o x^2 + 0.817E-01*x^3$
 $R^2 = 0,9021$

Último Tanque $0.123E+01 - 0.233^{ns}x - 0.112^{ns}x^2 + 0.278E-01^{ns}x^3$
 $R^2 = 0,9433$

Prop. 02, ÁREA A

Tanque 01 $-0.490E+01 + 0.961E+01**x - 0.433E+01**x^2 + 0.563**x^3$
 $R^2 = 0,8138$

Tanque Intermediário $0.228E+01 - 0.222E+01**x + 0.7527*x^2 - 0.794E-01*x^3$
 $R^2 = 0,8552$

Último Tanque $0.597 + 0.382^{ns}x - 0.312^{ns}x^2 + 0.500E-01^{ns}x^3$
 $R^2 = 0,7717$

Prop. 02, ÁREA B

Tanque 01 $0.454E+01 - 0.439E+01**x + 0.142E+01*x^2 - 0.146*x^3$
 $R^2 = 0,9249$

Tanque Intermediário $0.241E+01 - 0.244E+01**x + 0.823*x^2 - 0.825E-01*x^3$
 $R^2 = 0,8945$

Último Tanque $0.703 + 0.117E-01^o x - 0.157^{ns}x^2 + 0.317E-01^{ns}x^3$
 $R^2 = 0,6955$