

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO LESTE DE MINAS GERAIS
UNILESTE-MG**

**DEPARTAMENTO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL
LINHA DE PESQUISA: AVALIAÇÃO E MITIGAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS
AMIA**

**AVALIAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES, FONTES, INTERAÇÕES BIÓTICAS,
FORMAS E TAXAS DE EXPORTAÇÃO DE NITROGÊNIO ORGÂNICO E
INORGÂNICO, DISSOLVIDO E PARTICULADO EM DOIS RIOS DE MENOR
ORDEM COM ELEVADA VARIAÇÃO NA VAZÃO, DRENANDO MICROBACIAS
PLANTADAS COM Eucalyptus NA REGIÃO DO MÉDIO RIO DOCE, MG.**

MONALISA TORREZANI COSTA PAGANI

Coronel Fabriciano

2008

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

MONALISA TOREZANI COSTA PAGANI

**AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÕES, FONTES, INTERAÇÕES BIÓTICAS,
FORMAS E TAXAS DE EXPORTAÇÃO DE NITROGÊNIO ORGÂNICO E
INORGÂNICO, DISSOLVIDO E PARTICULADO EM DOIS RIOS DE MENOR
ORDEM COM ELEVADA VARIAÇÃO NA VAZÃO, DRENANDO MICROBACIAS
PLANTADAS COM Eucalyptus NA REGIÃO DO MÉDIO RIO DOCE, MG.**

Dissertação em nível de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial do Departamento de Pesquisa e Pós-Graduação do Centro Universitário do Leste de Minas Gerais UNILESTEMG, como requisito parcial para a obtenção do grau de mestre em Engenharia Industrial.

PROF. DR. MILLÔR GODOY SABARÁ – ORIENTADOR

Coronel Fabriciano

2008

**AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÕES, FONTES, INTERAÇÕES BIÓTICAS,
FORMAS E TAXAS DE EXPORTAÇÃO DE NITROGÊNIO ORGÂNICO E
INORGÂNICO, DISSOLVIDO E PARTICULADO EM DOIS RIOS DE MENOR
ORDEM COM ELEVADA VARIAÇÃO NA VAZÃO, DRENANDO MICROBACIAS
PLANTADAS COM Eucalyptus NA REGIÃO DO MÉDIO RIO DOCE, MG.**

POR

MONALISA TORREZANI COSTA PAGANI

Dissertação de mestrado aprovada para obtenção do grau de mestre em Engenharia Industrial, pela Banca Examinadora formada por:

PRESIDENTE: PROF. Millôr Godoy Sabará, Doutor – Orientador - UNILESTEMG.

MEMBRO: ENG. Fernando Palha Leite, Doutor - CENIBRA.

MEMBRO: PROF.^a Maria Adelaide Rabelo Vasconcelos Veado, Doutora
UNILESTEMG.

Coronel Fabriciano, 9 De Dezembro DE 2008.

Ao meu querido esposo, Thiago,
por todo amor e compreensão.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e por todos os momentos.

Ao Prof. Millôr Godoy Sabará, pela valiosa orientação a este trabalho com incansável dedicação, competência e profissionalismo. Pela confiança e paciência a tantas dúvidas surgidas no caminho, por nortear minha carreira profissional e pela amizade criada.

Ao UNILESTEMG, na forma do departamento de pós-graduação e pesquisa, pela oportunidade de desenvolvimento desse trabalho.

A CAPES, pela bolsa de estudos concedida.

A empresa de CELULOSE NIPO BRASILEIRA CENIBRA S/A pelo apoio na concessão de dados, informações e pela cessão da área de estudos.

Aos professores do curso de mestrado, Andrea, Esly, Evandro, Ricardo França, Fabrício, Marcelo, Roselito, em especial a prof^a. Maria Adelaide pela amizade, e todos outros, por prepararem as bases para o caminho a ser percorrido.

A minha querida amiga Andressa, primeiramente pela amizade, que acredito ter se intensificado e solidificado, pelo companheirismo durante as coletas e análises em toda a pesquisa, pela contribuição e discussões referentes aos resultados durante a fase de redação, pela troca de informações e conhecimentos sobre o tema e pelo apoio e solidariedade nos momentos difíceis ou felizes, mas inesquecíveis ao longo deste trabalho.

Ao Sr. Oliveira da CENIBRA, pelo acompanhamento as coletas.

Ao Rinaldo da CENIBRA, pela prontidão no fornecimento de informações e também pela amizade criada.

A Jackeline e toda equipe do laboratório de solos da CENIBRA, pelas análises prestadas.

Ao Laboratório de Pesquisa Ambientais do UNILESTEMG, pelo apoio na realização das análises e por disponibilizar os materiais de coleta.

Aos colegas do LPA, Marcelino, Breno, Luis Otávio e todos os outros, em especial a Rizza e Sandra pela ajuda nas análises e acompanhamento nas coletas.

Aos companheiros de pós-graduação, Alice, Eugênio, Tomaz, Olivert, Tucha, Márcio, Luciano, Gilvander, pelas discussões a respeito da pesquisa, pela amizade e apoio.

Aos meus sogros Élio e Graça, em especial, meus amigos e todos familiares, sempre pela motivação e por compreenderem minhas ausências nos churrascos de finais de semana.

Agradeço aos funcionários do mestrado e a todos que também ajudaram, diretamente ou não, na construção deste trabalho e peço desculpas aqueles que, porventura, não foram citados.

Por último, mas, em primeiro lugar a minha família, em especial ao meu marido Thiago pela paciência e compreensão em entender as renúncias e a dedicação aos estudos como primeiro plano. Aos meus queridos pais Valmira e Marcos, por me guiarem com mãos firmes e ao meu irmão Ramon por todo carinho e motivação.

A todos, muitíssimo obrigado.

SÓ SE DÃO ORDENS À NATUREZA OBEDECENDO-A.
(BACON)

RESUMO

A disponibilidade de nitrogênio é de fundamental controle sobre a ecologia de rios de menor ordem, especialmente em áreas de reflorestamento, onde há uma forte ligação entre as espécies químicas inorgânicas de N na água e o manejo florestal, ainda que pouca consideração se tenha com o papel das espécies orgânicas. Frações orgânicas e inorgânicas de N em amostras de dois rios de 2ª ordem drenando plantios de Eucalyptus no médio rio Doce, MG, foram determinadas mensalmente durante 14 meses. O nitrogênio esteve presente nas espécies inorgânicas e orgânicas em concentrações relativamente altas, especialmente para as últimas. O nitrato foi espécie predominante de N inorgânico, com baixas concentrações de íon amônio e praticamente nenhum nitrito, em parte devido à existência de oxigênio na água. Baseado apenas nos nutrientes inorgânicos, a limitação de organismos aquáticos por N inorgânico existe, mas considerando os nutrientes orgânicos, algumas comunidades podem transformar a matéria orgânica particulada em matéria orgânica dissolvida, não havendo tempo de residência para uma completa mineralização antes da exportação dos nutrientes mais a jusante do curso d'água. O objetivo deste trabalho foi estudar os impactos de plantios florestais sobre as microbacias a fim de garantir a sustentabilidade ambiental e a conservação da qualidade dos recursos hídricos, fazendo o uso de resultados das espécies químicas de N e outros elementos na água, além de medir a resposta de cianobactérias variações no ambiente, para avaliação de sua importância como biomonitoras de N e das às variações no ciclo desse elemento. As populações de cianobactérias floresceram no mês de fevereiro de 2007, em uma das bacias, sugerindo que a água estava mais básica e/ou mais rica em nitrogênio dissolvido

inorgânico. As algas verdes (clorofíceas), do gênero (Spirogyra sp.), mostraram ter potencial como biomonitores, pois, apresentaram grandes quantidades de N em seus tecidos que por sua vez, estava em concentrações altas na água. As Cianobactérias se encontravam em pequenas populações, pois, estavam em condições pouco favoráveis em relação ao pH. A experiência de decomposição do material alóctone indicou que o “litter” pode ser fonte de N inorgânico para o curso d’água, pois, as maiores concentrações de N foram encontradas nas frações de Eucalyptus.

Os dados realçam a importância de incluir a pesquisa de nutrientes nas espécies orgânicas quando se avalia a qualidade de águas em áreas de reflorestamento. A jusante das bacias estudadas, as frações orgânicas de N podem ser transformadas em formas inorgânicas e afetar o estado trófico de rios maiores.

Palavras Chaves: ciclo do nitrogênio, cianobactérias, sustentabilidade ambiental, plantios florestais, microbacias

ABSTRACT

The availability of nitrogen is an important control on the ecology of lower order rivers, especially in reforestation areas where there is a strong link between N chemical species in water and forest management, although little consideration has been given with the paper the organic species. One year long, monthly-based sampling program took water from two rivers draining two 2nd order rivers draining Eucalyptus in the southern Brazil. We propose to analyze the distribution of organic and inorganic N fractions presents in the river water. The nitrogen present was primarily organic rather than inorganic. To inorganic species of N, nitrate was predominant species with low concentrations of ammonium ion and no nitrite at all. A high dissolved oxygen concentration creates an oxidation media that can explain part of these results. On the other hand, higher levels of organic nutrients could be bringing N limitation to the aquatic environment. Such a high proportion of organic to inorganic N suggests that bacteria possibly will turning particulate N to dissolved N on stream, but the next step, the mineralization to inorganic N was limited by catchment water low residence time. Other objective of this work was to study the use of biomonitoring to evaluate environmental impacts on the forest management in order to ensure environmental sustainability and water resources quality. To achieve this we measure the response of Cyanobacteria populations to changes in the N environment chemistry to assess their importance as biomonitors. There was just a bloom Cyanobacteria in February 2007 only in one of the rivers, suggesting that more basic and / or rich in dissolved inorganic nitrogen water was the driving force behind the phenomena. The green algae Spirogyra sp showed quality of a potential biomonitor because N concentrations in their tissues held a relationship to high concentrations of N into the

water. Cyanobacteria in populations were small, maybe reflecting adverse pH conditions. An allocthonous material decomposition experience using leaves and thin branches from native forest and Eucalyptus into the water suggests that the riparian litter can be a significant source of inorganic N, specially the litter fractions of Eucalyptus. The data highlight the importance of including the detection of organic nutrients in wild when assessing the quality of water in areas of reforestation. Downstream, the fractions of organic N can be transformed into inorganic and affect the trophic status of higher order rivers.

Key words: nitrogen cycle, cyanobacteria, environmental sustainability, forest plantations, micro-basins.

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1: Localização geral das regiões e imagens das micro bacias. Primeira imagem a direita corresponde a Milagres a segunda a Vai e Volta.....	15
Figura 4.2 – Mapa com delimitação da área microbacia Vai e Volta, Cel. Fabriciano, MG.....	16
Figura 4.3 – Mapa com delimitação da área micro bacia Milagres, Belo Oriente, MG.....	17
Figura 4.4: Imagem de satélite e forma da micro bacia Vai e Volta, delimitada pela linha branca. Fonte: NASA, 2008.....	18
Figura 4.5: Imagem de satélite e forma da micro bacia Milagres, delimitada pela linha branca. Fonte: NASA, 2008.....	18
Figura 4.6 – Imagem do córrego da micro bacia Vai e Volta.....	20
Figura 4.7 – Imagem do vertedouro da micro bacia Vai e Volta.....	20
Figura 4.8 – Aspecto geral da micro bacia Vai e Volta, com plantio de <i>Eucalyptus grandis</i>	21
Figura 4.9 – Imagem do córrego da micro bacia Milagres.....	22
Figura 4.10 – Imagem do vertedouro da micro bacia Milagres.....	22
Figura 4.11 – Aspecto geral da micro bacia Milagres, com floresta de <i>Eucalyptus grandis</i>	23
Figura 4.12 – Precipitação total mensal (mm) e vazão na micro bacia Vai e Volta durante o período estudado.....	24
Figura 4.13 – Precipitação total mensal (mm) na micro bacia Milagres durante o período estudado.....	25
Figura 4.14 – Aspecto do leito do curso d’água da micro bacia Milagres, totalmente seco.....	26
Figura 4.15 – Vertedouro da micro bacia Milagres, mostrando que não estava vertendo água. (Foto tirada em agosto/2007).....	27
Figura 4.16: Série histórica de precipitações para a região estudada entre os anos de 1985 e 2006.....	28
Figura 5.1 – Meses de amostragens. Os meses sombreados correspondem ao período de chuvas. Os meses sublinhados correspondem aos meses em que não houve coletas na micro bacia Milagres.....	29

Figura 5.2: Coleta de água realizada na saída do vertedor.....	32
Figuras 5.3 e 5.4: Medição de variáveis <u>in situ</u> com utilização da sonda de qualidade de água.....	33
Figura 5.5: Componente macroscópico. Coleta de algas aderidas as paredes do vertedor e no canal do curso d'água.....	40
Figuras 5.6 e 5.7 – Proliferação de algas na parede do vertedor e no canal principal do vertedor na micro bacia Vai e Volta.....	41
Figuras 5.8 e 5.9: Cianobactérias e clorofíceas do gênero <u>Spyrogira</u> sp. Foto tirada em aumentos de 100 e 400X.....	42
Figura 5.10: Cianobactéria com presença de heterocisto, coletada em agosto de 2007 na microbacia Vai Volta. Foto com aumento de 400X.....	44
Figuras 5.11 e 5.12: Sacos de filó preenchidos com folhas e galhos.....	45
Figura 5.13 – Sacos de filó preenchidos com frações de folhas e galhos de espécies nativas e Eucalyptus e incubados as margens do curso d'água.....	46
Figura 5.14: Fluxograma: metodologia para tratamento estatístico de dados.....	49
Figura 6.1: Distribuição e comportamento da temperatura da água (°C) nas microbacias Vai e Volta (P1) e Milagres (P2). A linha marca o término da estação chuvosa.....	53
Figura 6.2: Histogramas de freqüência com distribuição das porcentagens (barras verticais) da variável temperatura da água, entre os meses amostrados nos pontos: a) micro bacia Vai e Volta e b) micro bacia Milagres.....	55
Figura 6.3: Distribuição e comportamento do pH nas micro bacias Vai e Volta (P1) e Milagres (P2). A linha marca o término da estação chuvosa.....	58
Figura 6.4: Histograma de freqüência com distribuição das porcentagens (barras verticais) da variável pH, entre os meses amostrados nos pontos: a) micro bacia Vai e Volta e b) micro bacia Milagres.....	59
Figura 6.5: Distribuição e comportamento do oxigênio dissolvido da água nas micro bacias Vai e Volta (P1) e Milagres (P2). A linha marca o término da estação Chuvosa.....	62
Figura 6.6: Histograma de freqüência com distribuição das porcentagens (barras verticais) da variável oxigênio dissolvido, entre os meses amostrados nos pontos: a) micro bacia Vai e Volta e b) micro bacia Milagres.....	64
Figura 6.7: Distribuição e comportamento da condutividade elétrica da água nas micro bacias Vai e Volta (P1) e Milagres (P2). A linha marca o término da estação chuvosa.....	67

- Figura 6.8: Histogramas de freqüência com distribuição das porcentagens (barras verticais) da condutividade elétrica entre os meses amostrados.nos pontos: a) micro bacia Vai e Volta e b) micro bacia Milagres.....69
- Figura 6.9: Distribuição e comportamento da variável potencial redox da água nas micro bacias Vai e Volta (Ponto 1) e Milagres (Ponto 2). A linha marca o término da estação chuvosa.....71
- Figura 6.10: Histogramas de freqüência com distribuição das porcentagens (barras verticais) do potencial redox entre os meses amostrados.nos pontos: a) micro bacia 324 e Volta e b) micro bacia Milagres.....73
- Figura 6.11: Distribuição e comportamento dos sólidos totais dissolvidos nas micro bacias Vai e Volta (P1) e Milagres (P2). A linha marca o término da estação chuvosa.....75
- Figura 6.12: Histogramas de freqüência com distribuição das porcentagens (barras verticais) da concentração de sólidos totais dissolvidos nos meses amostrados nos pontos: a) micro bacia Vai e Volta e b) micro bacia Milagres.....77
- Figura 6.13: Distribuição e comportamento da concentração de salinidade na água das micro bacias Vai e Volta (P1) e Milagres (P2). A linha marca o término da estação chuvosa.....79
- Figura 6.14: Histogramas de freqüência com distribuição das porcentagens (barras verticais) do teor de salinidade da água entre os meses amostrados.nos pontos: a) micro bacia Vai e Volta e b) micro bacia Milagres.....81
- Figura 6.15: Distribuição e comportamento da concentração de nitrato na água das microbacias Vai e Volta (P1) e Milagres (P2) correlacionadas com oxigênio dissolvido. A linha marca o término da estação chuvosa.....85
- Figura 6.16: Histogramas de freqüência com distribuição das porcentagens (barras verticais) das concentrações de nitrato da água entre os meses amostrados nos pontos: a) micro bacia Vai e Volta e b) micro bacia Milagres.....87
- Figura 6.17: Distribuição e comportamento da concentração de amônia na água das microbacias Vai e Volta (P1) e Milagres (P2) correlacionadas com oxigênio dissolvido. A linha marca o término da estação chuvosa.....90
- Figura 6.18: Histogramas de freqüência com distribuição das porcentagens (barras verticais) das concentrações de amônia entre os meses amostrados nos pontos: a) micro bacia Vai e Volta e b) micro bacia Milagres.....92
- Figura 6.19: Distribuição e comportamento da concentração de NOD na água das microbacias Vai e Volta (P1) e Milagres (P2) correlacionadas com a precipitação. A linha marca o término da estação chuvosa.....94

- Figura 6.20: Histogramas de freqüência com distribuição das porcentagens (barras verticais) das concentrações de nitrogênio orgânico dissolvido na água entre os meses amostrados nos pontos: a) micro bacia Vai e Volta e b) micro bacia Milagres96
- Figura 6.21: Distribuição e comportamento da concentração de NOP na água das microbacias Vai e Volta (P1) e Milagres (P2) correlacionado com a precipitação. A linha marca o término da estação chuvosa.....98
- Figura 6.22: Histogramas de freqüência com distribuição das porcentagens (barras verticais) das concentrações de nitrogênio orgânico particulado na água entre os meses amostrados nos pontos: a) micro bacia Vai e Volta e b) micro bacia Milagres99
- Figura 6.23: Distribuição e comportamento da concentração de nitrogênio total na água das micro bacias Vai e Volta (P1) e Milagres (P2). A linha marca o término da estação chuvosa.....102
- Figura 6.24: Histogramas de freqüência com distribuição das porcentagens (barras verticais) das concentrações de nitrogênio orgânico particulado na água entre os meses amostrados nos pontos: a) micro bacia Vai e Volta e b) micro bacia Milagres103
- Figura 6.25: Distribuição e comportamento clorofila nas micro bacias Vai e Volta (P1) e Milagres (P2). A linha marca o término das chuvas.....108
- Figura 6.26: Histogramas de freqüência com distribuição das porcentagens (barras verticais) da clorofila a entre os meses amostrados.nos pontos: a) micro bacia Vai e Volta e b) micro bacia Milagres.....109
- Figura 6.27: Distribuição e comportamento de sólidos suspensos nas micro bacias Vai e Volta (P1) e Milagres (P2). A linha marca o término da estação chuvosa.....112
- Figura 6.28: Histogramas de freqüência com distribuição das porcentagens (barras verticais) de sólidos suspensos entre os meses amostrados.nos pontos: a) micro bacia Vai e Volta e b) micro bacia Milagres.....113
- Figura 6.29: Distribuição e comportamento da turbidez nas micro bacias Vai e Volta (P1) e Milagres (P2). A linha marca o término da estação chuvosa.....116
- Figura 6.30: Histogramas de freqüência com distribuição das porcentagens (barras verticais) da turbidez entre os meses amostrados nos pontos: a) micro bacia Vai e Volta e b) micro bacia Milagres.....117
- Figura 6.31: Distribuição e comportamento da concentração de K na água das micro bacias Vai e Volta (P1) e Milagres (P2)122
- Figura 6.32: Distribuição e comportamento da concentração Ca na água das micro bacias Vai e Volta (P1) e Milagres (P2).....124
- Figura 6.33: Distribuição e comportamento da concentração de Mg na água das micro bacias Vai e Volta (P1) e Milagres (P2).....125

Figura 6.34: Distribuição e comportamento da concentração de Fe na água das micro bacias Vai e Volta (P1) e Milagres (P2).....	128
Figura 6.35: Distribuição e comportamento da concentração de Mn na água das micro bacias Vai e Volta (P1) e Milagres (P2)	129
Figura 6.36: Distribuição e comportamento da concentração de Zn na água das micro bacias Vai e Volta (P1) e Milagres (P2)	130
Figura 6.37: Distribuição e comportamento da concentração de Cu na água das micro bacias Vai e Volta (P1) e Milagres (P2)	131
Figura 6.38: Formas inorgânicas de N em Vai e Volta, com predominância de NO ₂ . Valores coloridos representam as concentrações (mg/l) em cada mês da pesquisa	133
Figura 6.39: Formas orgânicas de N em Vai e Volta, com predominância de NOP (nitrogênio orgânico particulado). Valores coloridos representam as concentrações (mg/l) em cada mês da pesquisa.....	134
Figura 6.40: Formas inorgânicas de N em Milagres, com predominância de NH ₄ . Valores coloridos representam as concentrações (mg/l) em cada mês da pesquisa	135
Figura 6.41: Formas orgânicas de N em Milagres, com predominância de NOP (nitrogênio orgânico particulado). Valores coloridos representam as máximas concentrações (mg/l) em cada mês da pesquisa.....	135
Figura 6.42: Evolução do decaimento da perda de massa para a fração folhas de espécie nativa e <i>Eucalyptus</i> . A) Velocidade de decaimento da massa durante os tempos de incubação. B) Taxa de aceleração de perda de massa durante os tempos de incubação.....	141
Figura 6.43: Evolução do decaimento da perda de massa para a fração galhos de espécie nativa e <i>Eucalyptus</i> . A) Velocidade de decaimento da massa durante os tempos de incubação. B) Taxa de aceleração de perda de massa durante os tempos de incubação.....	143
Figura 6.44: Comparação da concentração de nutrientes entre folhas de <i>Eucalyptus</i> e folhas de nativa. a) Nitrogênio, b) Potássio, c) Cálcio, d) Magnésio, e) Enxofre, f) Cobre, g) Zinco, h) Ferro, i) Manganês, j) Boro.....	149
Figura 6.45: Comparação da concentração de nutrientes entre galhos de <i>Eucalyptus</i> e folhas de nativa. a) Nitrogênio, b) Potássio, c) Cálcio, d) Magnésio, e) Enxofre, f) Cobre, g) Zinco, h) Ferro, i) Manganês, j) Boro.....	151

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1: Características físicas das micro bacias Vai e Volta e Milagres.....	19
Tabela 5.1: Diferentes tempos de incubação e respectivas datas de retirada dos sacos de incubação.....	30
Tabela 5.2 – Amostragem e totais de coletas realizadas. As colunas sombreadas correspondem ao período chuvoso. Na última coluna à direita, estão os totais de coletas realizadas para cada ponto. As coletas de água estão assinaladas por “*”. O ponto que se tornou intermitente, e os meses em que não houve coleta é marcado pela palavra “seco”. As coletas de perifíton são assinaladas por “i” e marcado com parênteses corresponde à realização de coleta extra. A coleta de litter está assinalada por “x”. Entende-se pelo sinal “-“ o mês que não houve a realização de coletas.....	31
Tabela 5.3: Variáveis medidas <u>in situ</u> através de sonda de qualidade de água.....	34
Tabela 5.4: Variáveis determinadas <u>in vitro</u> realizadas em laboratório.....	34
Tabela 5.5: Variáveis analisadas em amostras de perifíton.....	42
Tabela 5.6: Variáveis analisadas em amostras de litter.....	47
Tabela 6.1: Sumário de resultados das análises descritivas da variável temperatura determinada <u>in situ</u> nas micro bacias Vai e Volta e Milagres. Valores em (°C), exceto para variância (°C ²) e coeficiente de variação (%)......	51
Tabela 6.2: Resultados do teste de Mann-Whitney, para os valores de temperatura da água, amostradas nas micro bacias Vai e Volta e Milagres.....	52
Tabela 6.3: Sumário de resultados das análises descritivas da variável pH determinada <u>in situ</u> nas micro bacias Vai e Volta e Milagres. Valores dados em unidades de pH, exceto para variância (unidade de pH ao quadrado) e coeficiente de variação (%)......	54
Tabela 6.4: Resultados do teste de Mann-Whitney, para os valores de pH da água, amostrados nas micro bacias Vai e Volta e Milagres.....	57
Tabela 6.5: Sumário de resultados das análises descritivas da variável oxigênio dissolvido determinada <u>in situ</u> nas micro bacias Vai e Volta e Milagres. Valores em (mg/l), exceto para variância (mg/l ²) e coeficiente de variação (%)......	58
Tabela 6.6: Resultados do teste de Mann-Whitney, para os valores de oxigênio dissolvido da água, amostrados nas micro bacias Vai e Volta e Milagres.....	61
Tabela 6.7: Sumário de resultados das análises descritivas da variável condutividade elétrica determinada <u>in situ</u> nas micro bacias Vai e Volta e Milagres. Valores em (µS/cm), exceto para variância (µS/cm ²) e coeficiente de variação (%)......	63

Tabela 6.8: Resultados do teste de Mann-Whitney, para os valores de condutividade elétrica da água, amostrados nas micro bacias Vai e Volta e Milagres.....	66
Tabela 6.9: Sumário de resultados das análises descritivas da variável potencial redox determinada <u>in situ</u> nas micro bacias Vai e Volta e Milagres. Valores em (mV), exceto para variância (mV ²) e coeficiente de variação (%).....	69
Tabela 6.10: Resultados do teste de Mann-Whitney, para os valores de potencial redox da água, amostrados nas micro bacias Vai e Volta e Milagres.....	70
Tabela 6.11: Sumário de resultados das análises descritivas da variável sólidos totais dissolvidos determinada <u>in situ</u> nas micro bacias Vai e Volta e Milagres. Valores em (mg/l), exceto para variância (mg/l ²) e coeficiente de variação (%).....	72
Tabela 6.12: Resultados do teste de Mann Whitney, para os valores sólidos totais dissolvidos, amostrados nas micro bacias Vai e Volta e Milagres.....	75
Tabela 6.13: Sumário de resultados das análises descritivas da variável salinidade determinada <u>in situ</u> nas micro bacias Vai e Volta e Milagres. Valores em ‰ exceto para variância (‰ ²) e coeficiente de variação (%).....	77
Tabela 6.14: Resultados do teste de Mann-Whitney, para os valores de salinidade da água, amostrados nas micro bacias Vai e Volta e Milagres.....	78
Tabela 6.15: Normalidade dos dados. Tabela geral de resultados do teste de Shapiro Wilks, para as variáveis básicas e físico-químicas da água. Valores marcados por “*” corresponde à distribuição normal de dados.....	80
Tabela 6.16: Estatística descritiva dos resultados das análises de nutrientes na coluna d'água do córrego da micro bacia Vai e Volta. s: desvio padrão; cv: coeficiente de variação. Os valores marcados com “*” foram estatisticamente diferentes (p >0,05) entre as microbacias.....	83
Tabela 6.17: Estatística descritiva dos resultados das análises de nutrientes na coluna d'água do córrego da micro bacia Milagres. s: desvio padrão; cv: coeficiente de variação. Os valores marcados com “*” foram estatisticamente diferentes (p >0,05) entre as microbacias.....	84
Tabela 6.18: Resultados do teste de Mann-Whitney, para as concentrações de nitrato da água, amostrados nas micro bacias Vai e Volta e Milagres.....	87
Tabela 6.19: Resultados do teste de Mann-Whitney, para as concentrações de nitrato da água, amostrados nas microbacias Vai e Volta e Milagres.....	91
Tabela 6.20: Resultados do teste de Mann-Whitney, para as concentrações de nitrogênio orgânico dissolvido, amostrados nas micro bacias Vai e Volta e Milagres	95
Tabela 6.21: Resultados do teste de Mann-Whitney, para as concentrações de nitrogênio orgânico particulado da água, amostrados nas micro bacias Vai e Volta e Milagres.....	99

Tabela 6.22: Resultados do teste de Mann-Whitney, para as concentrações de nitrogênio total, amostrados nas micro bacias Vai e Volta e Milagres.....	103
Tabela 6.23: Sumário de resultados das análises descritivas da variável clorofila <u>a</u> determinada <u>in vitro</u> nas microbacias Vai e Volta e Milagres. Valores em ($\mu\text{g/l}$), exceto para variância ($\mu\text{g/l}^2$) e coeficiente de variação (%).	107
Tabela 6.24: Resultados do teste de Mann-Whitney, para as concentrações de clorofila <u>a</u> , amostrados nas micro bacias Vai e Volta e Milagres.....	109
Tabela 6.25: Sumário de resultados das análises descritivas da variável sólidos suspensos determinada <u>in vitro</u> nas micro bacias Vai e Volta e Milagres. Valores em (mg/l), exceto para variância (mg/l^2) e coeficiente de variação (%).	111
Tabela 6.26: Resultados do teste de Mann-Whitney, para as concentrações de sólidos suspensos, amostrados nas micro bacias Vai e Volta e Milagres.....	113
Tabela 6.27: Sumário de resultados descritivos da variável turbidez determinada <u>in vitro</u> nas micro bacias Vai e Volta e Milagres. Valores em (NTU), exceto para variância (NTU^2) e coeficiente de variação (%).	115
Tabela 6.28: Resultados do teste de Mann-Whitney para turbidez medida nas micro bacias Vai e Volta e Milagres.....	117
Tabela 6.29: Resultados da correlação entre a composição química da água (1ª coluna da esquerda) e as formas de nitrogênio na micro bacia Vai e Volta. Os coeficientes assinalados de vermelho são significativos ao nível de 5%.....	119
Tabela 6.30: Resultados de correlação entre a composição química da água (1ª coluna da esquerda) e as formas de nitrogênio na micro bacia Milagres. Os coeficientes assinalados de vermelho são significativos ao nível de 5%.....	119
Tabela 6.31: Resultados do teste de Mann-Whitney para a concentração de K, Ca e Mg amostrados nas micro bacias Vai e Volta e Milagres. Os elementos marcados por “*” são iguais.....	121
Tabela 6.32: Resultados do teste de Mann-Whitney para a concentração de Fe, Mn, Zn e Cu amostrados nas micro bacias Vai e Volta e Milagres. Os elementos marcados por “*” são iguais.....	127
Tabela 6.33: Descarga de nutrientes exportadas pela micro bacia Vai e Volta. Os valores são dados em unidades de (g/mês/ha).....	132
Tabela 6.34: Concentrações de N, metais e bases no tecido algal de <u>Spyrogira</u> sp. amostrada no córrego de Vai e Volta.....	137
Tabela 6.35: Resultados do teste de Mann-Whitney para as frações de folhas e galhos de espécie nativa e <u>Eucalyptus</u> amostrados nas microbacias Vai e Volta e Milagres.....	142
Tabela 6.36: Resultados do teste de Mann-Whitney para as frações de folhas e galhos de espécie nativa e <u>Eucalyptus</u> amostrados na micro bacia Vai e Volta.....	145

Tabela 6.37: Concentrações de polifenóis (Ácido Tânico) entre os tempos de incubação para as frações de folhas e galhos de espécie nativa e Eucalyptus.....146

Tabela 6.38: Resultado do teste de Mann Whitney para nitrogênio, bases e metais entre as frações de folhas de espécies nativas e Eucalyptus.....147

Tabela 6.39: Resultado do teste de Mann Whitney para nitrogênio, bases e metais entre as frações de galhos de espécies nativas e Eucalyptus.....148

Tabela 6.40: Concentração média de bases, metais e nitrogênio no tecido vegetal de folhas e galhos de espécies nativa e Eucalyptus calculadas entre os tempos de incubação.....151

5.2.7 - Determinação da concentração da clorofila <u>a</u> ativa	37
5.2.8 - Determinação da concentração de metais	38
5.2.9 – Exportação de nutrientes	38
5.2.9.1- Cálculo da descarga de nutrientes	38
5.3 Metodologias de coleta e análises físico-químicas do perifíton	39
5.3.1 – Componentes macroscópicos do perifíton	39
5.3.2 - Coleta das amostras de perifíton	40
5.3.3 – Análises químicas do perifíton	41
5.3.4 - Identificação de heterocistos nas algas	43
5.4 Metodologias de coleta e análises físico-químicas do Litter	44
5.4.1- Procedimentos de coleta	44
5.4.2 - Montagem do experimento	45
5.4.3 – Análises do Litter	46
5.4.3.1 – Perda de massa	46
5.4.3.2 – Determinação da concentração de nitrogênio e metais	47
5.4.3.3 – Determinação da concentração de polifenóis	47
5.4.3.3.1 – Montagem do experimento para a determinação de polifenóis	48
5.4.3.3.2 – Procedimento de análise	48
5.5 Metodologias de análises estatísticas	48
5.5.1 – Normalidade dos dados	49
5.5.2 – Variação espacial dos dados	50
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
6.1. Variáveis físicas e químicas medidas <u>in situ</u>	51
6.1.1 – Temperatura	51
6.1.2 – pH	57
6.1.3 – Oxigênio dissolvido e saturação do oxigênio	61
6.1.4 – Condutividade Elétrica	66
6.1.5 – Potencial Redox	70
6.1.6 – Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	74
6.1.7 – Salinidade	78
6.2 – Composição química da água	83
6.2.1 – Nutrientes totais e dissolvidos	84
6.2.1.1 – Nitrito (NO_2^-)	84
6.2.1.2 – Nitrato (NO_3^-)	84
6.2.1.3 – Amônia (NH_4)	89
6.2.1.4 – Nitrogênio orgânico dissolvido (NOD)	93

6.2.1.5 – Nitrogênio orgânico particulado (NOP)	97
6.2.1.6 – Nitrogênio total	101
6.2.1.7 – Nutriente limitante	105
6.2.1.8 Clorofila <u>a</u>	107
6.2.1.9 Sólidos Suspensos	111
6.2.1.10 – Turbidez	115
6.2.2 – Correlações entre a composição química da água, vazão e as formas orgânicas, inorgânicas e totais de nitrogênio	119
6.2.3 – Bases (K, Ca, Mg)	121
6.2.3.1 – Potássio	121
6.2.3.2 – Cálcio	123
6.2.3.3 – Magnésio	125
6.2.4 – Metais (Fe, Mn, Zn e Cu)	126
6.2.4.1 – Ferro	127
6.2.4.2 – Manganês	128
6.2.4.3 – Zinco	129
6.2.4.4 – Cobre	130
6.2.5 – Exportação de nutrientes	132
6.3 Perifíton	137
6.3.1 - Composição química	137
6.3.3 – Número de heterocistos	138
6.4 “Litter”	141
6.4.1 – Perda de massa	141
6.4.2 – Polifenóis	144
6.4.3 - Composição química	147
7. CONCLUSÕES	154
7.1 Variáveis físicas e químicas da água	154
7.2 Química das águas e exportação de nutrientes	156
7.3 Perifíton	158
7.4 Litter	159
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	161
9. SUGESTÕES PARA CENIBRA S/A	162
10. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	163

1. INTRODUÇÃO

As florestas plantadas, em especial o gênero Eucalyptus, têm despertado muitas discussões, no que se refere aos seus possíveis impactos sobre a qualidade da água que drena as áreas de produção florestal (CÂMARA, 2004).

Dos dez municípios com maior porcentagem de sua área ocupada com Eucalyptus spp. em Minas Gerais, nove se localizam na bacia do rio Doce. O município de Coronel Fabriciano tem a maior porcentagem (cerca de 58% de sua área total ocupada) e 13000 ha plantados. Os demais são em ordem decrescente de sua área total ocupada por reflorestamentos, João Monlevade (43,4%), Bela Vista de Minas (33%), Antônio Dias (31%), Belo Oriente (30%), Ipaba (29%), Santana do Paraíso (26%), São Gonçalo do Rio Abaixo (26%) e Nova Era (20%). No total, Minas Gerais tem cerca de 1×10^6 hectares reflorestados, ou 1,7% da área estadual (CARVALHO *et. al.*, 2005).

Plantios florestais são classificados como fontes difusas de poluição hídrica, considerando que pode ocorrer a liberação de parte dos fertilizantes nitrogenados e fosfatados para corpos d'água que os drenam, notadamente em eventos de precipitação intensa (MCDONALD *et. al.*, 1991). O ciclo do nitrogênio vem sendo alterado pelas atividades antropogênicas, em função do incremento de culturas, a queima de combustíveis fósseis e o desmatamento de florestas para uso agrícola e pecuário (BONILLA, 2005). Pouca preocupação tem sido dada ao enriquecimento de N nos corpos d'água, resultado de práticas agrícolas ou manejo florestal. Uma das conseqüências é a alteração no metabolismo do ecossistema, de heterotrófico para autotrófico, perda da biodiversidade e redução nos usos designados para a água (STALLCUP *et. al.*, 2006).

Uma forma de se monitorar tais fontes difusas e intermitentes de poluição é a medição periódica das características de comunidades aquáticas, tais como a comunidade das algas perífíticas. As cianobactérias (Cyanophyceae) são consideradas como organismos cosmopolitas, tanto em ambientes aquáticos, solos úmidos e ambientes terrestres (MORESCO, 2006). Apesar de menos consideradas no monitoramento de cursos d'água, o uso de algas possui vantagens segundo (WHITTON & KELLY, 1994):

- a) freqüentemente representam um importante componente do ecossistema;
- b) podem refletir mais precisamente a composição em nutrientes da água;
- c) estão presentes antes e depois das perturbações.

O Nitrogênio é considerado um nutriente essencial e freqüentemente limitante em ecossistemas terrestres e aquáticos. (WEBSTER *et. al.*, 2003). As variações na concentração de nitrogênio inorgânico dissolvido e particulado induzem às modificações morfológicas e fisiológicas em cianobactérias, sendo, portanto, uma forma de se monitorar as fontes difusas de nitrogênio. (WHITTON, 1992). Isso é particularmente verdadeiro para cianobactérias, pois, refletem rapidamente a mudança na química dos rios, especialmente quando a poluição vem na forma de “pulsos”.

Baseado no acima exposto, essa pesquisa objetiva monitorar a formas de N dissolvidas e orgânicas na água, através de algas, especialmente as cianobactérias, utilizadas como biomonitores das atividades florestais em microbacias florestais, ao mesmo tempo em que se estima a contribuição alóctone desse nutriente. A partir dos resultados, proporem-se medidas para garantir a conservação dos recursos hídricos e a sustentabilidade ambiental das florestas.

Complementarmente, a pesquisa irá gerar informações científicas sobre como comunidades aquáticas respondem à alteração na forma de uso do solo, o que é ainda pouco entendido.

2. OBJETIVOS E HIPÓTESES

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o uso de cianobactérias para monitoramento de nitrogênio em córregos drenando plantios florestais e determinar a contribuição alóctone para o ciclo do N na água, por meio da medição da decomposição do litter.

2.2 - Objetivos Específicos

- Avaliar os efeitos das atividades silviculturais (plantio de Eucalyptus) sobre o ciclo do nitrogênio em águas de rios de menor ordem em microbacias;
- Avaliar a eficácia do manejo florestal na conservação dos recursos hídricos localizados nas áreas de silvicultura;
- Caracterizar a deposição alóctone como fonte de N orgânico e particulado para o curso d'água, por meio da comparação das taxas de decomposição das folhas e galhos de espécies Nativas e Eucalyptus ;
- Avaliar a quantidade e a frequência de heterocistos presentes nas cianobactérias, bem como sua distribuição sazonal;
- Calcular a descarga de nutrientes exportadas pelas microbacias;
- Com base nos dados recolhidos, fornecer informações científicas confiáveis para auxiliar a tomada de decisões de manejo que busquem a mitigação dos impactos e a sustentabilidade ambiental da atividade de reflorestamento.

Tal pesquisa será de grande valor prático para a indústria de celulose, já que, com base nos resultados podem-se criar critérios numéricos, passíveis de testes

estatísticos, para avaliação das práticas florestais sobre recursos hídricos superficiais de microbacias.

2.3 – Hipóteses de Trabalho

Ho₁: as médias ou medianas das variáveis básicas (temperatura, pH, oxigênio dissolvido, saturação do oxigênio, condutividade elétrica, potencial redox, sólidos totais dissolvidos, salinidade) não foram significativamente diferentes entre as bacias estudadas em função do espaço;

Ha₁: as médias ou medianas das variáveis básicas (temperatura, pH, oxigênio dissolvido, saturação do oxigênio, condutividade elétrica, potencial redox, sólidos totais dissolvidos, salinidade) foram significativamente diferentes entre as bacias estudadas no espaço;

Ho₂: as médias ou medianas das concentrações de nutrientes nas microbacias não foram diferentes em função do espaço;

Ha₂: as médias ou medianas das concentrações de nutrientes nas microbacias foram diferentes em função do espaço;

Ho₃: houve presença de cianobactérias quando a concentração de nitrogênio inorgânico dissolvido – NID era menor do que nos outros meses;

Ha₃: não houve presença de cianobactérias quando a concentração de nitrogênio inorgânico dissolvido – NID era menor do que nos outros meses;

Ho₄: a presença ou ausência de cianobactérias nas microbacias foi influenciada pelo comportamento do pH;

Ha₄: a presença ou ausência de cianobactérias nas microbacias não foi influenciada pelo comportamento do pH;

Ho₅: as cianobactérias ou as clorofíceas (Spirogyra sp.) podem ser utilizadas como bioindicadores para o monitoramento de florestas plantadas;

Ha₅: as cianobactérias ou as clorofíceas (Spirogyra sp.) não podem ser utilizadas como bioindicadores para o monitoramento de florestas plantadas;

Ho₆: as frações de material vegetal de Eucalyptus perderam a mesma porcentagem de massa que as frações de Nativa;

Ha₆: as frações de material vegetal de Eucalyptus não perderam a mesma porcentagem de massa que as frações de Nativa;

Ho₇: a concentração de polifenóis não foi diferente entre as frações Nativa e Eucalyptus spp. durante o experimento;

Ha₇: a concentração de polifenóis foi diferente entre as frações Nativa e Eucalyptus spp. durante o experimento.

Ho₈: A concentração de nutrientes não foi diferente entre as frações de espécies nativas e de Eucalyptus durante os tempos incubação;

Ha₈: A concentração de nutrientes foi diferente entre as frações de espécies nativas e de Eucalyptus durante os tempos incubação;

Espera-se ainda, que este trabalho subsidie a escolha de variáveis ecológicas de menor custo de amostragem e maior sensibilidade às alterações no corpo d'água, orientando, desse modo a construção de programas de monitoramento, parte indissociável de qualquer trabalho de avaliação, conservação, mitigação e manejo de recursos hídricos. (MACDONALD *et al.*, 1991; KARR, 1991; KARR, 1993; TUNDISI, 2003; WALTON *et al.*, 2007 apud CAUX, 2007).

3. BASES CIENTÍFICAS

3.1. Ciclagem de nitrogênio no ecossistema aquático

Atividades antrópicas, tais como fertilização, o desmatamento e a geração de resíduos, têm alterado o ciclo do nitrogênio aumentando sua disponibilidade e mobilidade. Naturalmente, a fixação biológica introduz entre 90 e 130 Tg N ano⁻¹ (Tg = 10¹²g) aos continentes, mas, pela ação antrópica são introduzidos 150 Tg N ano⁻¹ adicionais. Esse excesso de N pode ocasionar desequilíbrio nutricional nas plantas, lixiviação para águas superficiais e subterrâneas, acidificação do solo e maior emissão de gases do efeito estufa (N₂O). Nos ecossistemas aquáticos, uma maior entrada deste elemento pode produzir acidificação da água, hipóxia ou anóxia, perda da biodiversidade e eutrofização de zonas costeiras (GALLOWAY, 1998; RABALAIS, 2002; SMIL, 1997; VITOUSEK *et al.*, 1997a, 1997b), segundo Bonilla, (2005).

Nas regiões tropicais, o desmatamento é uma das principais atividades antrópicas que altera o ciclo do nitrogênio. Tais alterações podem modificar os fluxos de N nos ecossistemas aquáticos. O Nitrogênio é considerado um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos. Esta importância é devido a sua participação na formação de proteínas, um dos componentes básicos da biomassa e quando presente em baixas concentrações pode atuar como fator limitante na produção primária de ecossistemas aquáticos.

As principais fontes naturais de nitrogênio são: a chuva, material orgânico e inorgânico de origem alóctone e a fixação de nitrogênio molecular dentro do próprio ecossistema aquático.

As formas do nitrogênio presentes nos ambientes aquáticos são:

nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amônia (NH_3), íon amônio (NH_4^+), óxido nítrico (N_2O), nitrogênio molecular (N_2), nitrogênio orgânico dissolvido que é representado pelos peptídeos, purinas, aminas, aminoácidos, e também o nitrogênio orgânico particulado representado pelas bactérias, fitoplâncton, zooplâncton e detritos (ESTEVEZ, 1998).

O Nitrogênio na forma de nitrato e de íon amônio assumem grande importância nos ecossistemas aquáticos, uma vez que representam as principais formas nitrogenadas para os produtores primários.

Além das formas inorgânicas de nitrogênio, os produtores primários podem assimilar formas orgânicas, são elas: uréia, aminoácidos, peptídeos, etc. Esses compostos formam o grupo dos compostos de nitrogênio orgânico dissolvido. As principais fontes de nitrogênio orgânico dissolvido são a lise celular, decomposição e excreção pelo fitoplâncton e macrófitas aquáticas.

As formas orgânicas só são aproveitadas quando as formas inorgânicas atingem valores muito baixos ou são esgotadas.

O nitrito é encontrado em baixas concentrações em ambientes com presença de oxigênio e representa a forma intermediária entre a amônia e o nitrato.

O íon amônio é importante para os organismos produtores, porque sua absorção é energeticamente mais viável. Sua concentração nas camadas onde se encontra o fitoplâncton é muito baixa. Isso explica o fato do nitrato ser a principal fonte de nitrogênio para os vegetais aquáticos.

Em altas concentrações o íon amônio pode acarretar grandes implicações ecológicas como: influenciar a dinâmica do oxigênio dissolvido no meio, influenciar a

comunidade de peixes, pois em pH básico o íon amônio se transforma em amônia que pode ser tóxica para estes organismos.

O NO_3^- e o nitrogênio orgânico dissolvido (NOD) são as principais formas de perda de nitrogênio em solução dos ecossistemas, enquanto que o NH_4^+ pode ser absorvido pelas plantas e microorganismos ou ficar adsorvido às partículas carregadas negativamente e a matéria orgânica do solo. O NO_2^- geralmente não se acumula no solo uma vez que é transformado rapidamente a NO_3^- ou desnitrificado (CHAPIN III *et al.*, 2002 e PAUL & CLARK, 1989), como descrito por Bonilla (2005).

Outro aspecto ecológico atual e de grande importância é o fato de que altas concentrações de compostos nitrogenados nos ambientes aquáticos causam a eutrofização, fenômeno que leva a proliferação excessiva de algas, que, ao entrarem em decomposição, favorecem ao aumento de microorganismos e à conseqüente deterioração do corpo d'água como rios, lagos, represas, etc, (ESTEVES, 1998).

3.2. Importância do perifíton na qualidade de água

O perifíton é definido como complexa comunidade de microorganismos (fungos, algas, bactérias, animais) e de partículas orgânicas e inorgânicas, os quais vivem aderidos a um substrato. Estes organismos formam uma fina camada de poucos milímetros (bioderme), localizada entre o substrato e a camada de água circundante (WETZEL, 1983). O componente estudado neste trabalho foram as algas que estavam aderidas as paredes do vertedor de uma microbacia florestal.

As algas perifíticas, são excelentes bioindicadoras de qualidade de água e apresentam uma grande diversidade de espécies em um pequeno espaço, constituindo um grupo de ciclo de vida curto e de respostas rápidas às alterações ambientais (MORESCO, 2006).

Dentre as algas perifíticas ganham destaque as cianobactérias. Segundo Chorus & Bartram, 1999 *apud* (MORESCO, 2006), as cianobactérias são organismos cosmopolitas de grande importância econômica. Os aspectos benéficos e prejudiciais das cianobactérias são de considerável significância. São importantes produtoras primárias e em geral tem alto valor nutritivo para organismos heterotróficos.

Segundo Moresco (2006), alguns fatores ambientais podem influenciar na dominância de cianobactérias em ambientes aquáticos tais como: baixa turbulência, baixa luminosidade, altas temperaturas, altas concentrações de fósforo total, baixas concentrações de nitrogênio total, baixa razão nitrogênio/fósforo e baixa razão de nitrogênio inorgânico dissolvido (HUSZAR; SILVA; MARINHO; DOMINGOS; SANT'ANNA, 2000).

Algumas cianobactérias possuem a capacidade de formar heterocistos. O heterocisto é uma célula com paredes espessas com nódulo polar em uma ou nas duas extremidades. É uma estrutura para fixação de nitrogênio e que geralmente se desenvolvem somente quando a concentração de nitrogênio do meio é reduzida. (WHITTON, 1992). A frequência de heterocistos pode refletir o status de nitrogênio no curso d'água.

As cianobactérias podem viver em ampla variedade de ambientes, desde águas de fontes termais até lagos gelados da Antártica, mas estão ausentes de águas ácidas onde algas verdes (clorofíceas) são frequentemente abundantes. (RAVEN *et al.*, 2001).

As algas azuis ou cianofíceas ou ainda cianobactérias são consideradas como os principais organismos fixadores de Nitrogênio.

Como exemplos podem citar alguns gêneros de cianobactérias que fixam N: Homoeothrix, Nostoc verrucosum, Rivularia, Tolypothrix penicillata, Chamaesiphon, Phormidium, Oscillatoria, Anabaena, Aphanizomenon, Gloeotrichia, etc, (JOHN & WHITTON, 1992).

Outro tipo de perifíton também ganha, destaque como as clorofíceas. A espécie do gênero Spyrogyra sp., pertencente a uma sub-classe das clorofíceas, são exclusivamente de água doce, mas diversificadas. São filamentosas, mas pode-se encontrar com filamentos soltos no plâncton. Muito mais importante, é a representação em ambientes poucos profundos e principalmente em águas ácidas e turbulentas. (MARGALEF, 1983).

Neste trabalho as algas, em especial as cianobactérias, serão usadas como biomonitores de N devido à grande importância das mesmas para os ecossistemas.

3.3. Microbacias como unidade de manejo

Do ponto de vista ambiental, o reflorestamento com Eucalyptus é uma atividade polêmica em função da opinião pública generalizada lhe atribuir efeitos ecológicos adversos. (CÂMARA, 2004). Um desses possíveis efeitos diz respeito aos recursos hídricos.

Do ponto de vista dos aspectos hidrológicos, o uso de microbacias experimentais para a finalidade de monitoramento ambiental, pode funcionar como uma manifestação espacialmente bem definida de um sistema natural aberto, dentro da qual atividades florestais vão, inevitavelmente, estar influenciando o seu funcionamento hidrológico (vazão, qualidade e quantidade de água) e sua

biogeoquímica (balanço de nutrientes, potencial de produtividade do solo). (LIMA & ZAQUIA, 1998).

Para Lima & Zakia (1996) o uso de microbacias hidrográficas como unidades experimentais teve início por volta do começo deste século em vários países, e os inúmeros resultados já obtidos mostram, que o uso da terra e as atividades florestais podem afetar não apenas a quantidade e o regime da vazão, assim como a qualidade da água. Muito mais importante, todavia, são as evidências demonstradas em vários trabalhos experimentais de que é perfeitamente possível, como base no conhecimento do funcionamento da microbacia, realizar todas as operações necessárias à produção florestal com um mínimo de impacto à qualidade da água (AUBERTIN & PATRIC, 1974).

As microbacias constituem ecossistemas adequados para avaliação dos impactos causados pelas atividades florestais, que podem afetar o equilíbrio e a manutenção da quantidade e qualidade da água (RANZINI & LIMA, 2002).

A necessidade de estudos sistemáticos em microbacias, objetivando o conhecimento das relações e das funções internas que mantêm estes ecossistemas, está ligada à busca de informações que possibilitem o estabelecimento de um planejamento adequado de uso da terra. (BORMANN & LIKENS, 1967; SOPPER, 1974; BROWN, 1976; LIKENS *et al.*, 1977; CASTRO, 1980; DICK & COOKE, 1984 *apud* RANZINI & LIMA, 2002).

A atividade de silvicultura é crescente no Vale do Aço e também em outras regiões do país, mas carrega uma imagem negativa, devido ao manejo florestal impactar de alguma forma a rotina de um ecossistema aquático (SABARÁ, 1999).

Como em qualquer outra atividade de produção, a obtenção de madeira como matéria prima industrial a partir de reflorestamento homogêneo com espécies de

rápido crescimento causa impactos ambientais. A adoção de práticas de manejo florestal que possibilitem a minimização destes impactos constitui um dos objetivos do manejo florestal sustentável. Dentro deste enfoque, o manejo sustentável é aquele que possibilita a utilização dos recursos naturais de maneira tal que não seja destruído o equilíbrio dinâmico do ecossistema. Este equilíbrio dinâmico é quantificado em termos da manutenção do seu funcionamento ecológico, que engloba alguns aspectos chave: a perpetuação dos processos hidrológicos, a perpetuação da sua capacidade natural de suporte e a sua resiliência. (LIMA & ZÁKIA, 1998). Ou ainda o manejo florestal envolve aspectos econômicos, sociais e ecológicos. Do ponto de vista ecológico, a sustentabilidade deve envolver medidas de planejamento de manejo que contemplem pelo menos os seguintes aspectos fundamentais:

- a) manutenção dos processos ecológicos essenciais à paisagem, como a fotossíntese por exemplo;
- b) preservação da biodiversidade;
- c) manutenção da capacidade natural de suporte do solo.

A avaliação dos impactos de diferentes práticas de manejo agropecuário e florestal sobre os ecossistemas aquáticos, levou ao consenso que a implementação de medidas visando simplesmente à minimização do assoreamento dos canais e monitoramento das concentrações de nutrientes nas águas foi inadequada para mitigar os impactos ambientais negativos. É necessária uma consideração da estrutura dos habitats, recursos alimentares, regime das perturbações, resposta dos organismos aquáticos e ciclagem de nutrientes (KARR, 1993 *apud* SABARÁ 1999).

Os efeitos ecológicos decorrentes de empreendimentos florestais envolvem principalmente questões relativas aos problemas de destruição de ecossistemas,

manutenção da biodiversidade, degradação de microbacias, desfiguração de paisagem, diminuição de capital de nutrientes do solo com conseqüente assoreamento e eutrofização dos cursos d'água (MENDES & LIMA, 2007).

Tendo em vista a importância do N na produtividade primária dos rios e escassa quantidade de informações sobre a ciclagem do mesmo em áreas de plantios florestais e a importância das algas nos ecossistemas aquáticos, este trabalho visa fornecer informações sobre como o perifíton responde morfológicamente as variações nas concentrações de N na água, que ainda é pouco entendido e que pode ser uma ferramenta efetiva no monitoramento de nutrientes em bacias florestais.

4. ÁREA DE ESTUDOS

4.1- Localização dos pontos de coleta

Selecionaram-se duas microbacias de propriedade da Empresa Celulose Nipo-Brasileira S. A. (CENIBRA), localizadas na região do médio Rio Doce, que são cobertas por plantios de Eucalyptus. Uma delas está localizada no município de Coronel Fabriciano e a outra em Belo Oriente. A distância aproximada entre as duas microbacias é de 65 km.

As regiões estão esquematizadas na Figura 4.1.

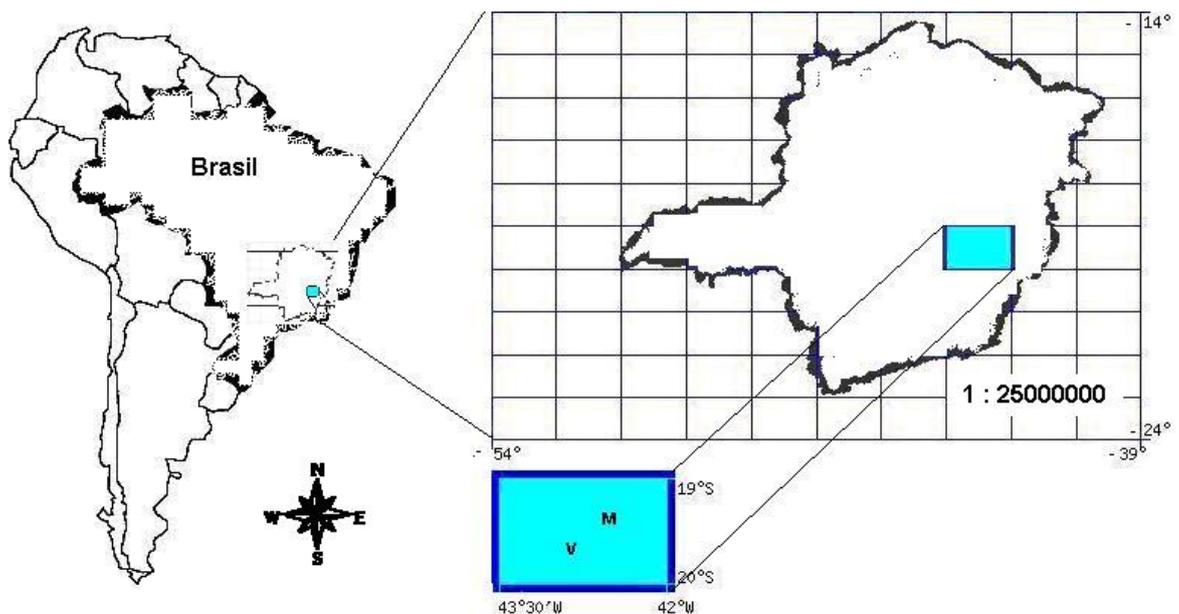


Figura 4.1: Localização geográfica das microbacias.

Os mapas e imagens das respectivas microbacias, são mostrados nas figuras 4.2, 4.3, 4.4 e 4.5, Vai e Volta e Milagres, onde estão instalados vertedores.

As duas microbacias foram construídas numa parceria entre Celulose Nipo Brasileira CENIBRA S/A e Universidade Federal de Viçosa.

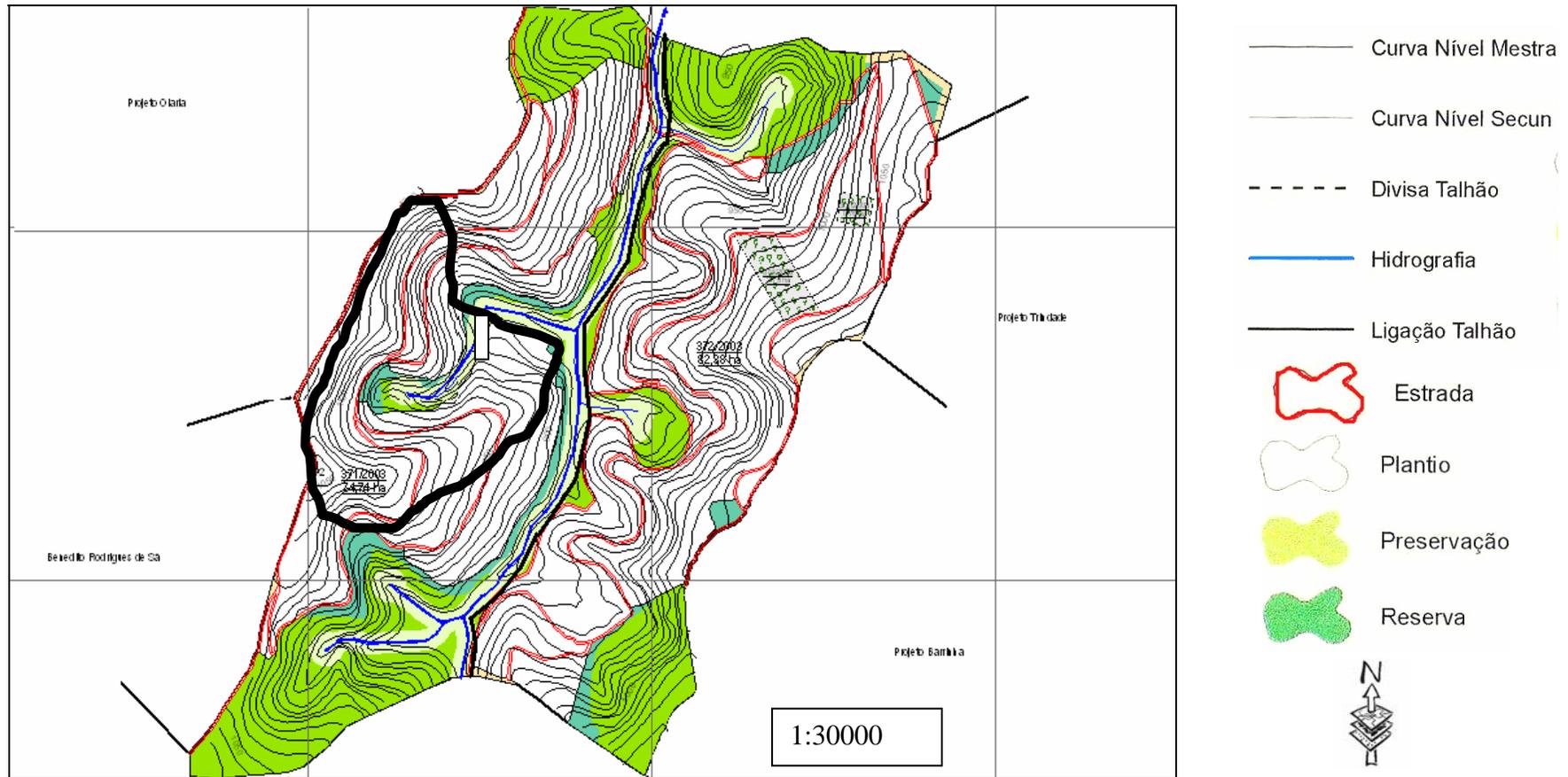


Figura 4.2 – Mapa com delimitação da sub-bacia de Vai e Volta, Cel. Fabriciano, MG. Fonte: CENIBRA, 2008.

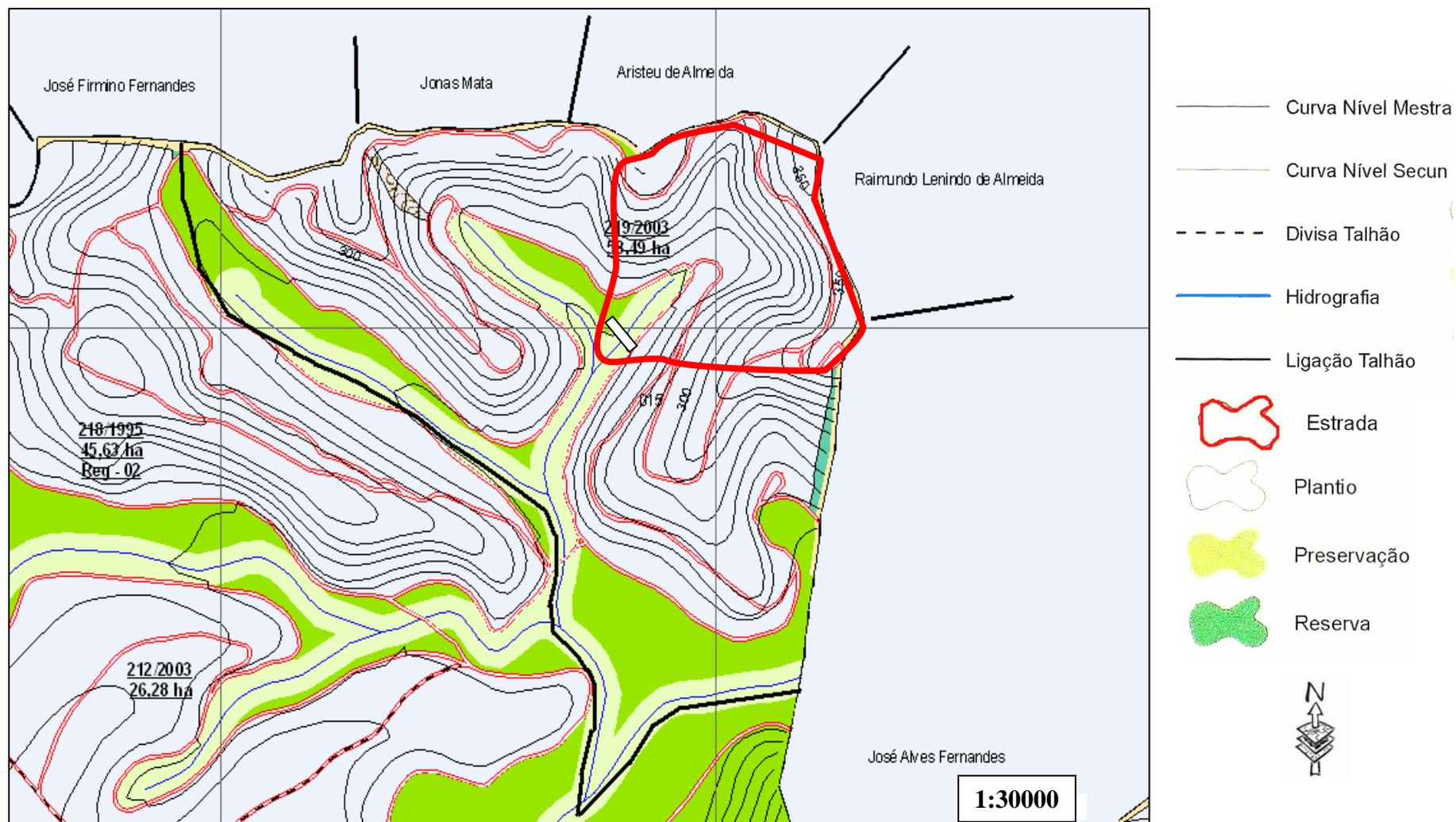


Figura 4.3 – Mapa com delimitação da sub-bacia Milagres, Belo Oriente, MG. Fonte: CENIBRA, 2008.



Figura 4.4: Imagem de satélite e forma da microbacia Vai e Volta, delimitada pela linha branca. Fonte: NASA, 2008.



Figura 4.5: Imagem de satélite e forma da microbacia Milagres, delimitada pela linha branca. Fonte: NASA, 2008.

4.2 – Descrição das microbacias

4.2.1 – Vai e Volta

A microbacia Vai e Volta (Vv) na localidade de Cocais das Arrudas, município de Coronel Fabriciano possui uma área total de 39,8 ha, com 31,3 (78,6%) hectares plantados, 6,8 ha (17%) de mata ciliar e o restante 1,7 ha (4,2%) são atribuídos à estradas e carregadores.

A floresta foi plantada em abril de 2003, e esse ponto caracteriza-se pelo relevo bastante acentuado. As figuras 4.6, 4.7 e 4.8 mostram os aspectos da microbacia Vai e Volta. As características físicas das microbacias são apresentadas na tabela 4.1.

Tabela 4.1: Características físicas das microbacias Vai e Volta e Milagres.

	VAI E VOLTA	MILAGRES	Unidades
Área	39.974	12.0088	(ha)
Perímetro	3256	1720	(m)
Declividade Média da Bacia	46	37.6	(%)
Declividade Média do Talvegue	6.48	3.84	(%)
Densidade de Drenagem	1.704	1.225	(Km/Km ²)
Coeficiente de Compacidade	1.44	1.39	(adm)
Fator Forma	1.99	2.51	(adm)
Sinuosidade	1.28	1	(%)
Altitude Mínima	873	230	(m)
Altitude Máxima	1072	332	(m)
Delta Altitude	201	95	(m)
Latitude Central	- 19° 28' 11"	- 19° 17' 53"	(°)
Longitude Central	- 42 ° 48 ' 52"	- 42° 28' 56"	(°)

Fonte: FACCO, 2008.



Figura 4.6 – Imagem do córrego da microbacia Vai e Volta.



Figura 4.7 – Imagem do vertedouro da microbacia Vai e Volta.

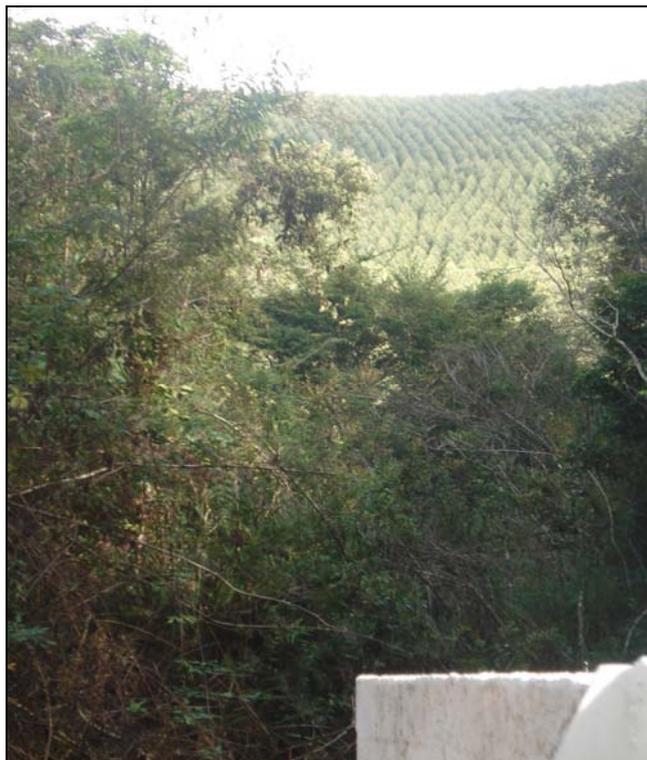


Figura 4.8 – Aspecto geral da microbacia Vai e Volta, com plantio de Eucalyptus.

4.2.2 - Milagres

A microbacia Milagres (Mi) localizada no município de Belo Oriente, possui uma área total de 12 ha, com 9,0 ha (75%) ocupados com reflorestamentos de Eucalyptus, possui uma mata ciliar com 1,6 ha (13,3 %) e o restante 1,4 ha (11,6%) são referentes a estradas.

O plantio foi feito em janeiro de 2003 e a área desta microbacia se caracteriza por um relevo suavemente ondulado. As figuras 4.9, 4.10 e 4.11 mostram aspectos da microbacia Milagres.



Figura 4.9 – Imagem do córrego da microbacia Milagres.



Figura 4.10 – Imagem do vertedouro da microbacia Milagres.



Figura 4.11 – Aspecto geral da microbacia Milagres, com floresta de Eucalyptus.

Ambas estão em crescimento e foram plantadas no início do ano de 2003. Milagres possui uma mata ciliar mais densa em relação ao primeiro ponto. As duas microbacias possuem vazão controlada, medida continuamente por meio de vertedouros equipados com medidores eletrônicos de vazão.

4.3 – Descrição climática da região

Segundo a classificação de Köppen Geiger, identificam-se basicamente três tipos climáticos na bacia do rio Doce:

- clima tropical de altitude com chuvas de verão e verões frescos, presente nas vertentes das serras da Mantiqueira e do Espinhaço e nas nascentes do rio Doce;
- clima tropical de altitude com chuvas de verão e verões quentes, presentes nas nascentes de seus afluentes;

- clima quente com chuvas de verão, presentes nos trechos médio e baixo do rio Doce e de seus afluentes (ANA, 2008).

4.3.1 – Precipitação - Vazão

A figura 4.12 mostra a precipitação mensal e a distribuição das chuvas, juntamente com as respectivas vazões ocorridas na microbacia Vai e Volta durante o período de estudo.

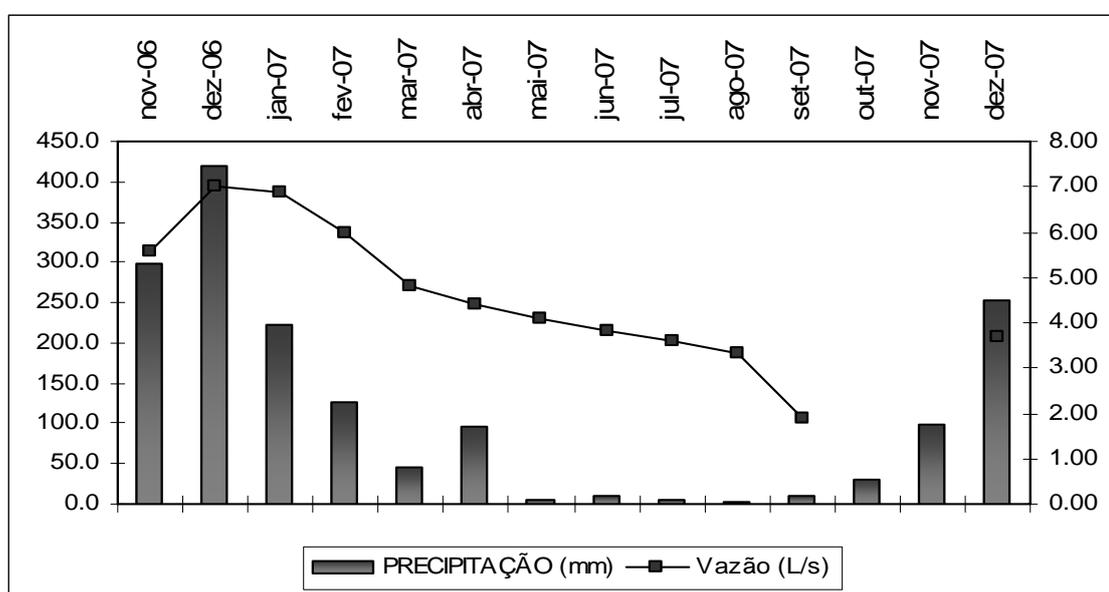


Figura 4.12 – Precipitação total mensal (mm) e vazão na microbacia Vai e Volta durante o período estudado.

A média das precipitações em 2007 foi de 75,7 mm. A precipitação total computada no ano de 2007 para a microbacia Vai e Volta, foi 908,2 mm, evento distinto quando comparado aos três anos antecedentes, que registraram precipitação anual de 1444 mm em 2004, 1545 mm em 2005 e 1386 mm em 2006. (Figura 4.16).

Nos meses de outubro e novembro de 2007 não obtivemos dados de vazão, para a microbacia Vai e Volta. Esta microbacia se caracteriza por possuir uma vazão três vezes maior comparada a Milagres.

A figura 4.13 mostra a precipitação mensal e a distribuição das chuvas, ocorridas na microbacia Milagres durante o período estudado. Para a microbacia Milagres não obtivemos dados de vazão, devido problemas com equipamentos de coleta.

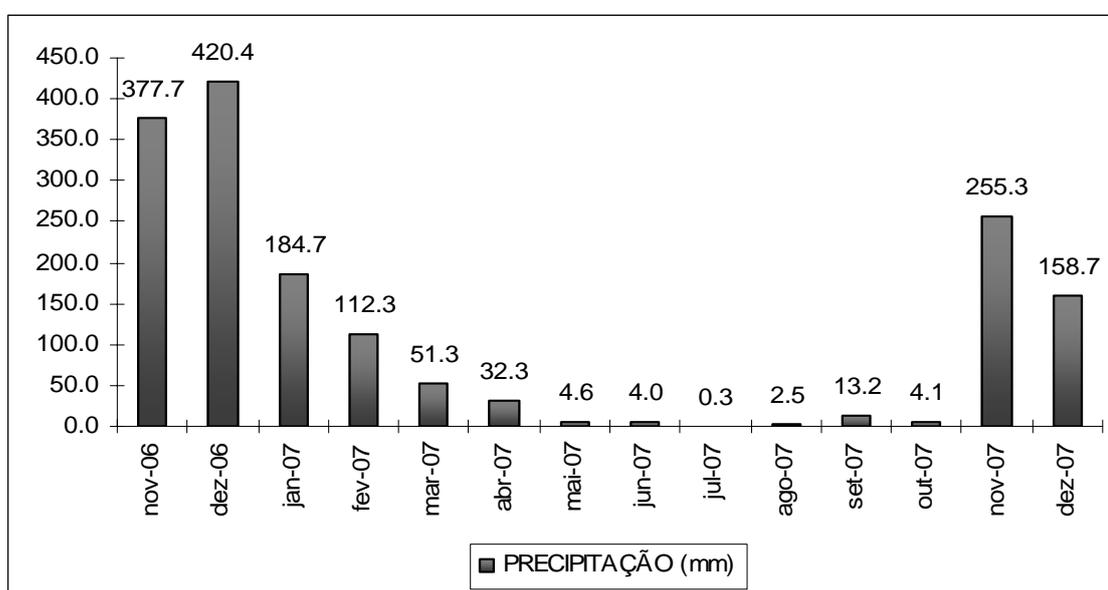


Figura 4.13 – Precipitação total mensal (mm) na microbacia Milagres durante o período estudado.

A média das precipitações entre os meses de 2007 nesta microbacia foi 68,6 mm. A precipitação total ocorrida no ano de 2007 para a microbacia Milagres foi 823,3 mm, valor inferior em relação ao primeiro ponto. Caso atípico registrado também, pois, nos anos antecedentes computaram-se valores mais altos como: 1485 mm no ano de 2004, 1597 mm em 2005 e 1440 mm em 2006. Em relação a precipitação ocorrida no mês de dezembro de 2006 nas duas microbacias, os valores diários encontram-se detalhados no anexo 01.

O curso d'água da microbacia Milagres se tornou intermitente no mês de agosto, devido à baixa precipitação registrada na região no ano de 2007. As figuras 4.14 e 4.15 mostram a microbacia neste período.

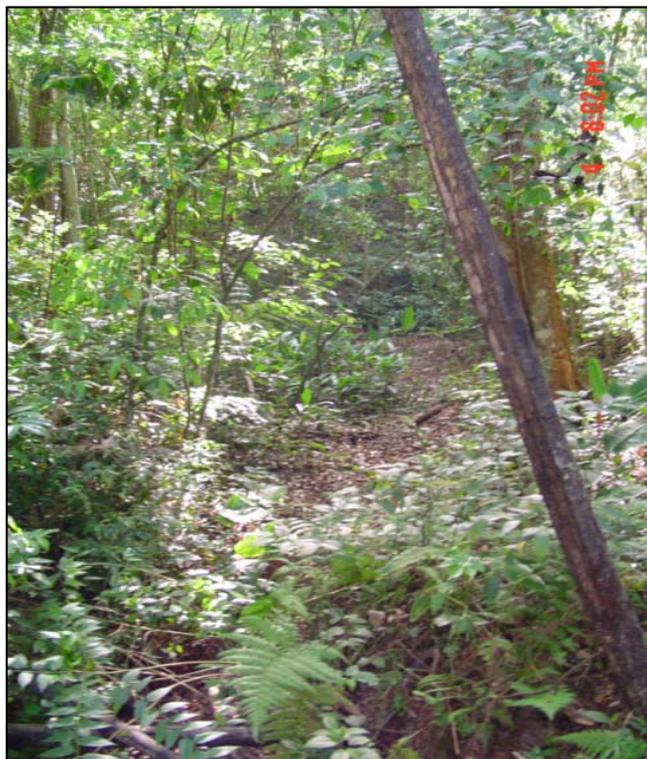


Figura 4.14 – Aspecto do leito do curso d'água da microbacia Milagres, totalmente seco, agosto de 2007.



Figura 4.15 – Vertedouro da microbacia Milagres, mostrando que não estava vertendo água.

De acordo com Souza *et. al.*, uma pesquisa feita em três regiões da bacia do médio Rio Doce em 2006 mostrou que, do ponto de vista climático, Belo Oriente apresentou, uma temperatura média anual de 25,2 °C, uma precipitação anual de 1202 mm, e que devido às altas temperaturas, exibiu altas taxas de evapotranspiração apresentando também baixa capacidade de armazenamento de água no solo e altos valores de deficiência hídrica. Esses fatores podem ter contribuído para a intermitência do curso d'água na microbacia Milagres.

Os dados de clima foram cedidos pela CENIBRA S.A e são correspondentes do mês de novembro de 2006, período em que iniciamos as coletas até dezembro de 2007. Para os dados de precipitação foram utilizados dados da estação pluviométrica da região de Cocais próxima a microbacia Vai e Volta e dados da estação pluviométrica da fábrica em Belo Oriente, próxima a microbacia Milagres.

Os dados de vazão foram fornecidos por Facco (2008).

Analisando uma série histórica de precipitações da região, o ano de 2007, foi um ano seco. Quando observamos os três anos anteriores, aparentemente foram anos mais úmidos, verifica-se como uma tendência, sendo uma média de três anos úmidos e um ano seco. Tal fato pode ajudar a justificar a intermitência do córrego florestal de Milagres

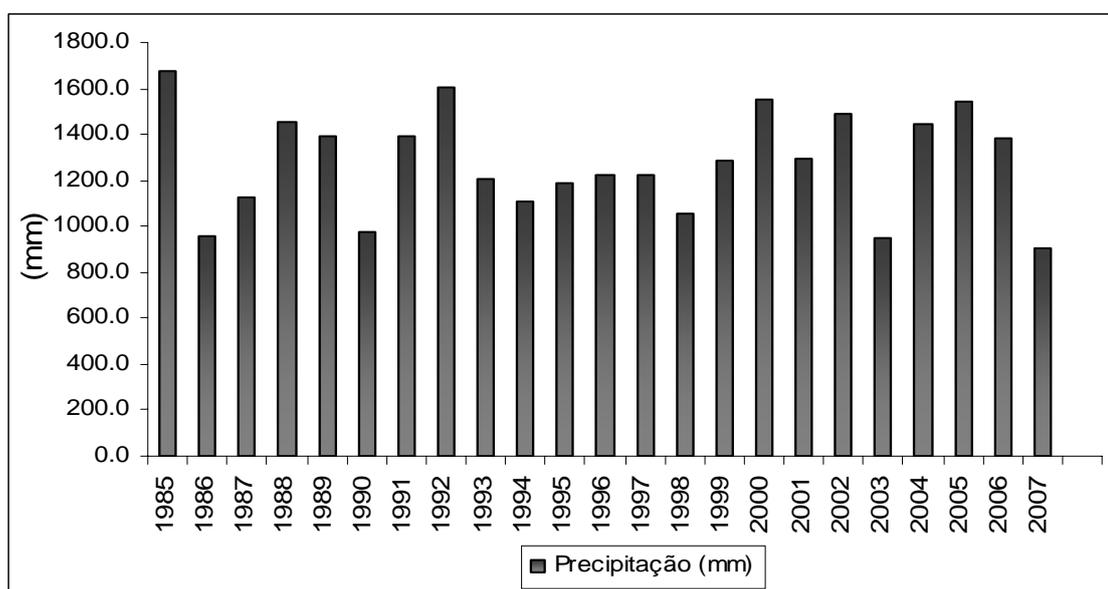


Figura 4.16: Série histórica de precipitações para a região estudada entre os anos de 1985 e 2006.

4.4 – Atividades de manejo realizadas nas microbacias

Somente uma atividade de controle de plantas daninhas com utilização de herbicida ocorreu na área plantada com Eucalyptus, nas microbacias durante o período de estudo. Em Milagres essa atividade aconteceu no princípio de maio de 2007 e em Vai e Volta foi realizada em outubro de 2007.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Distribuição temporal e espacial da amostragem

Os ambientes foram amostrados mensalmente entre os meses de novembro de 2006 e dezembro de 2007.

2006			2007										
nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	<u>Ago</u>	<u>Set</u>	<u>Out</u>	<u>Nov</u>	<u>Dez</u>

Figura 5.1 – Meses de amostragens. Os meses sombreados correspondem ao período de chuvas. Os meses sublinhados correspondem aos meses em que não houveram coletas na microbacia Milagres.

Amostrou-se sempre durante o dia, tipicamente no período da manhã entre 8:00 e 12:00 horas e buscou-se manter um intervalo de 30 dias entre as coletas.

No total, foram realizadas 24 coletas, sendo 14 em Vai e Volta e 10 em Milagres, somando uma coleta extra. (Tabela 5.2).

Até julho de 2007 as coletas foram realizadas nos dois pontos, mas Milagres tornou-se intermitente devido a longa estiagem na região.

Foi realizada uma coleta extra no mês de maio/2008 em Milagres para levantamento de mais dados sobre esse ponto, devido à intermitência do curso d'água no ano de 2007, mas foi verificado que o córrego não havia voltado às condições normais, restando apenas uma poça de água em rápido processo de evaporação antes do vertedouro (poço tranquilizador de fluxo), da qual a amostra foi tirada.

As coletas de perifíton foram realizadas mensalmente, exceto em Milagres, onde a presença de algas foi registrada somente nos meses de dezembro de 2006 e janeiro de 2007.

Uma coleta aleatória de perifíton em Vai e Volta foi realizada no mês de julho de 2007, devido à florescimento dessas algas.

A coleta de litter (folhas e galhos de espécies Nativas e Eucalyptus) para o experimento de decomposição ocorreu no mês de agosto de 2007. Foi realizada também somente em Vai e Volta, devido à falta de água no segundo ponto de coleta, o que impediria a realização do experimento nesta microbacia.

Para esta experiência, o ponto 1 foi visitado para a retirada dos sacos de filó incubados as margens do cursos d'água. Os tempos de incubação e as respectivas datas de retirada são apresentados na tabela 5.1.

Tabela 5.1: Diferentes tempos de incubação e respectivas datas de retirada dos sacos de filó da água.

Tempos de Incubação (dias)	Datas de Retirada
1	18/09/2007
3	20/09/2007
7	24/09/2007
15	01/10/2007
30	17/10/2007
90	17/12/2007

Tabela 5.2 – Amostragem e totais de coletas realizadas nas microbacias florestais.

	nov-06	dez-06	jan-07	fev-07	mar-07	abr-07	mai-07	jun-07	jul-07	ago-07	set-07	out-07	nov-07	dez-07	mai-08	Σ
Água	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	–	14
Perifíton	i	i	i	i	i	i	i	i	(i)	i	i	i	i	i	–	15
Litter									X							1
Total de coletas realizadas na microbacia Vai e Volta:																30
Água	*	*	*	*	*	*	*	*	*	seco	seco	seco	seco	seco	*	10
Perifíton	i	i	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2
Litter									–							0
Total de coletas realizadas na microbacia Milagres:																12
Total de coletas realizadas:																42

("*") As coletas de água estão assinaladas por "*".

("X") A coleta de litter está assinalada por "X".

("i") As coletas de perifíton são assinaladas por "i" e marcado com parênteses corresponde à realização de coleta extra.

As colunas sombreadas correspondem ao período chuvoso. Na última coluna à direita, estão os totais de coletas realizadas para cada ponto. No ponto que se tornou intermitente, e os meses em que não houve coleta é marcado pela palavra "seco". Entende-se pelo sinal "–" o mês que não houve a realização de coletas.

5.2 Metodologias de coleta e análises físico-químicas da água

5.2.1 – Coleta de amostras

As amostras de água foram coletadas em garrafas de polietileno com volume de 1 litro, devidamente esterilizadas em laboratório. A água foi coletada na saída do vertedor. (Figura 5.2).

As amostras coletadas foram transportadas em caixa de material refratário até o laboratório. Quando as análises não eram realizadas no mesmo dia as amostras totais e amostras filtradas eram guardadas em geladeira ($\pm 4^{\circ}\text{C}$) para análises posteriores.



Figura 5.2: Coleta de água realizada na saída do vertedor.

5.2.2 – Variáveis medidas in situ

As variáveis descritas na tabela 5.3 foram determinadas in situ por meio de sondas de qualidade de água ligadas a um leitor da HACH modelo HQ40d. O equipamento foi colocado antes do vertedouro, mergulhado na água e deixado alguns minutos até a estabilização da sonda para a leitura dos dados. (Figuras 5.3 e 5.4).

Tabela 5.3: Variáveis medidas in situ através de sonda de qualidade de água.

Variáveis	Unidades
Temperatura	° C
Oxigênio dissolvido	mg/l
Saturação do oxigênio	% sat.
Condutividade elétrica	µS/cm
pH	
Potencial redox	mV
Sólidos totais dissolvidos	mg/l
Salinidade	‰

5.3)



5.4)



Figuras 5.3 e 5.4: Medição de variáveis in situ com utilização da sonda de qualidade de água.

5.2.3 – Variáveis determinadas in vitro

Duas amostras de água foram retiradas de cada ponto amostrado. Utilizou uma delas para a determinação das concentrações de metais e a outra foi utilizada para a determinação das concentrações das formas de nitrogênio, além da turbidez, sólidos suspensos e clorofila a ativa. As variáveis analisadas são apresentadas na tabela 5.4.

Em todas as determinações de concentrações utilizou-se o espectrofotômetro MERK modelo NOVA 60, de feixe único e cubeta de quartzo com passo ótico de 20 e 50 mm para permitir a determinação de concentrações muito baixas.

Todos os frascos de coleta e vidraria utilizada nas determinações foram devidamente lavadas com detergente em água de torneira e então submersas em banho de H₂SO₄ 10% por 24 horas, depois lavadas em água destilada e lavadas novamente três vezes em água deionizada.

Tabela 5.4: Variáveis determinadas in vitro realizadas em laboratório.

Variáveis	Unidades
Concentração de NO ₂ ⁻	mg/l
Concentração de NO ₃ ⁻	mg/l
Concentração de NH ₄ ⁺	mg/l
Concentração de N orgânico dissolvido	mg/l
Concentração de K total	mg/l
Concentração de Ca total	mg/l
Concentração de Mg total	mg/l
Concentração de Zn total	mg/l
Concentração de Cu total	mg/l
Concentração de Fe total	mg/l
Concentração de Mn total	mg/l
Determinação da Turbidez	NTU
Concentração de Sólidos suspensos	mg/l
Determinação de Clorofila <u>a</u> ativa	µg /l

No Laboratório de Pesquisas Ambientais do UnilesteMG, foram realizadas as análises das formas de nitrogênio inorgânicas dissolvidas presentes na água bem como determinação turbidez, concentração de sólidos totais suspensos e clorofila a.

Em parceria com a Celulose Nipo-Brasileira CENIBRA S/A, esta realizou em seu laboratório de Solos, as análises das formas de metais presentes na água.

5.2.4 - Formas de nitrogênio

5.2.4.1 - Determinação da concentração de nitrato (NO_3^-)

O princípio da análise é que o nitrato é reduzido a nitrito usando cádmio esponjoso. O procedimento para a determinação do nitrato é descrito por Mackereth *et al.* (1978).

5.2.4.2 - Determinação da concentração de nitrito (NO_2^-)

O princípio desta análise é que em solução ácida, o nitrito transforma-se a ácido nitroso, que juntamente com sulfalanamida resulta num sal de diazônio, onde este é complexado com outra amina aromática, N-1-naftil etileno espectrofotometricamente a 543 nm, de acordo com Strickland & Parsons (1968).

Este procedimento foi usado até o mês de junho, quando o Laboratório de Pesquisas Ambientais do Unileste-MG adquiriu o Kit Nitrito, e a concentração passou a ser determinada pelo teste do nitrito Spectroquant da Merk nº 1.73009.0001, baseado na norma alemã *Deutsches Institut fur Normung* – DIN 38402 D 10. Este teste passou a ser utilizado devido à eficácia, rapidez nas análises e eficiência.

5.2.4.3 - Determinação da concentração de amônia (NH₄)

O princípio desta análise é que a amônia reage com fenol e com hipoclorito em solução alcalina, formando idofenol azul. A reação é catalisada pelo nitroprussiato. A absorvância medida é proporcional a quantidade de amônia presente, como descrito segundo Koroleff (1976).

5.2.4.4 - Determinação da concentração de nitrogênio orgânico dissolvido (NOD)

O princípio da análise é que compostos nitrogenados em água são oxidados a nitrato pelo aquecimento com solução alcalina de persulfato e pressão. Os procedimentos são descritos por Mackereth *et al.*, (1978).

5.2.4.5 - Determinação da concentração de nitrogênio orgânico total (NOT)

O nitrogênio orgânico total (NOT) foi determinado pela técnica Kjeldahl, segundo metodologia da *American Public Health Organization* – (APHA, 1995).

5.2.4.6 - Determinação da concentração de nitrogênio orgânico particulado (NOP) e nitrogênio total (NT).

O nitrogênio orgânico particulado (NOP) foi obtido da subtração do N-total as formas N orgânico dissolvido e N inorgânico dissolvido.

O nitrogênio total (NT) foi determinado pelas somas das frações orgânicas (NOD e NOP) e inorgânicas (NO₂⁻, NO₃⁻ e NH₄).

5.2.5 - Determinação da concentração da Turbidez

O método utilizado na determinação da turbidez foi o da espectrofotometria in vitro, onde agitava a amostra, utilizando o método 077 no espectrofotômetro e

cubetas de quartzo com passo ótico de 50 mm, a concentração em FAU era obtida e transformadas na unidade de NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez).

5.2.6 - Determinação da concentração de Sólidos Suspensos

O método utilizado na determinação de sólidos suspensos foi o da espectrofotometria in vitro. Agitava-se a amostra, através do método 182 no espectrofotômetro e utilizando cubetas de quartzo com passo ótico de 50 mm a concentração em mg/L era obtida.

5.2.7 - Determinação da concentração da clorofila a ativa

Para determinação da concentração de clorofila a três alcoóis são utilizados: etanol, metanol e acetona.

A separação de clorofila a de outros pigmentos podem ser difíceis. A máxima absorção varia e depende do tipo de solvente usado em extração. Clorofila a é o pigmento primário envolvido na fotossíntese e tem máxima de absorbância em metanol de 665 nm e 430 nm (MARKER, 1996).

Para Marker (1996) citado em (CAUX, 2007) apesar da superioridade do metanol e etanol 100% como extratores, os alcoóis necessitam da neutralização do extrato com uma base orgânica, além disso, o metanol é altamente tóxico. Por outro lado, uma solução de acetona não exige neutralização, não possui elevada toxicidade e possibilita grande estabilidade ao extrato, além de ser aceita por vários analistas tendo poder de extração suficiente para seus propósitos.

As amostras para a determinação de clorofila a, foram coletadas em frascos de polietileno de 1,0 litro, e transportadas até o laboratório para análise. Em ambiente com luz atenuada, as amostras foram filtradas a vácuo, utilizando um pré-

filtro Millipore AP-20 (0,45 μm). Quando as análises não eram realizadas imediatamente, os filtros foram mantidos congelados a 12° C negativos para posterior análise.

A clorofila a foi determinada utilizando o método da espectrofotometria in vitro, descrito por Marker (1996), modificado, onde o pigmento é extraído com solvente orgânico. Neste trabalho o solvente utilizado foi à acetona.

5.2.8 - Determinação da concentração de metais

Para a determinação das concentrações de metais totais (K^+ , Na^+ , Ca^+ , Mg^{+2} , Zn^{+2} , Cu^{+2} , Fe^{+3} , Mn^+) a metodologia foi seguida na preparação das amostras para análise por Espectrofotometria de Absorção Atômica (EAA) e Fotometria de Chama (EC), proposta pela APHA (1995).

5.2.9 – Exportação de nutrientes

A quantidade de nutrientes que é exportada pela microbacia foi calculada. Os cálculos foram realizados somente para Vai e Volta.

5.2.9.1- Cálculo da descarga de nutrientes

De posse dos dados de vazão medidos na microbacia, calculou-se o deflúvio, de acordo com a equação:

$$\text{Deflúvio} = \frac{\left(\left(\frac{Q_m}{At} \right) * 86400 \right)}{1000}$$

Equação (5.1)

Onde:

Q_m : média da vazão mensal (L/seg);

At : área total da microbacia (ha);

Deflúvio: (m³/dia/ha).

Calculou-se a descarga a partir do resultado da concentração do nutriente, segundo a equação:

$$\boxed{Descarga = (Deflúvio * Concentração Nutriente)}$$
 Equação (5.2)

Onde:

Deflúvio: (m³/dia/ha);

Concentração do nutriente : (g/m³);

Descarga: (g/dia/ha).

5.3 Metodologias de coleta e análises físico-químicas do perifíton

5.3.1 – Componentes macroscópicos do perifíton

Neste trabalho o termo “perifíton” é usado para designar a comunidade autotrófica existente no curso d’água e aderida a algum substrato, apesar de alguns autores considerarem também a comunidade heterotrófica, principalmente bactérias e fungos, como componentes de perifíton. (WETZEL, 1983; ALLAN, 1995).

Amostrou-se componentes macroscópicos do perifíton: macroalgas (espécies visíveis a olho nú). (Figura 5.5). Para Wetzel (1981), macroalgas aderidas sobre rochas ou pedras são classificadas como epilíticas.

O perifíton amostrado nas microbacias era composto de cianobactérias (cianofíceas) em menor quantidade e de Spyrogiras sp.(clorofíceas) em grande quantidade e geralmente predominante no canal do vertedor.

5.3.2 - Coleta das amostras de perifíton

Os procedimentos utilizados para coletas das amostras de perifíton foram baseados em Kelly & Whitton (1994).

Duas amostras escolhidas de forma aleatória no canal do vertedor foram removidas de seu substrato por meio de pinças de aço inoxidáveis e lavadas cuidadosamente na água do córrego, para limpeza de detritos e areia. (Figura 5.5).

As amostras foram armazenadas em frasco de vidro com solução de FAA (10 ml de formaldeído 40%, 5 ml de ácido acético glacial, 50 ml de etanol 95% e 35 ml de água), para exame microscópico. Por fim as amostras foram acondicionadas em caixas de material refratário e levadas ao laboratório para análise.



Figura 5.5: Componente macroscópico. Coleta de algas aderidas às paredes do vertedor e no canal do curso d'água.

A preservação das amostras com solução de FAA, para análise microscópica, é de fundamental importância uma vez que ela ajuda manter as estruturas delicadas das algas, até que as mesmas sejam analisadas (JOHN & WHITTON, 1994).

Uma amostragem aleatória de perifíton em Vai e Volta foi realizada no mês de julho de 2007, para determinação das concentrações de N-Total, e de metais totais (Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, K e Zn), devido ao grande florescimento de algas nesta área de estudo, como pode ser observado nas figuras 5.6 e 5.7.

As amostras foram coletadas aleatoriamente e armazenadas em frascos de polietileno de 1 litro, com aproximadamente 500 ml de água coletada do próprio córrego, e encaminhadas ao laboratório em caixa térmica.

5.6)



5.7)



Figuras 5.6 e 5.7 – Proliferação de algas aderidas na parede do vertedor e no canal principal do vertedor na microbacia Vai e Volta.

5.3.3 – Análises químicas do perifíton

Para as análises químicas no tecido vegetal das algas, (Tabela 5.5) estes foram secados em estufa (QUINIS, modelo ISO 9002), a 40° C durante 48 horas.

Uma visualização microscópica dos componentes do perifíton amostrado pode ser visualizada nas figuras 5.8 e 5.9.

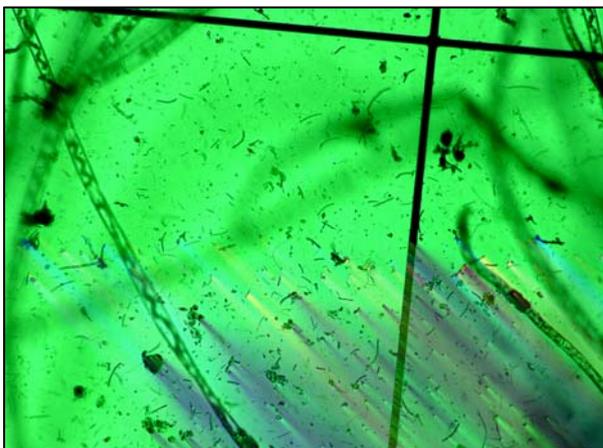
Tabela 5.5: Variáveis analisadas em amostras de perifíton

Variáveis	Unidades
Concentração de N total	mg/Kg
Concentração de K total	mg/Kg
Concentração de Ca total	mg/Kg
Concentração de Mg total	mg/Kg
Concentração de Zn total	mg/Kg
Concentração de Cu total	mg/Kg
Concentração de Fe total	mg/Kg
Concentração de Mn total	mg/Kg

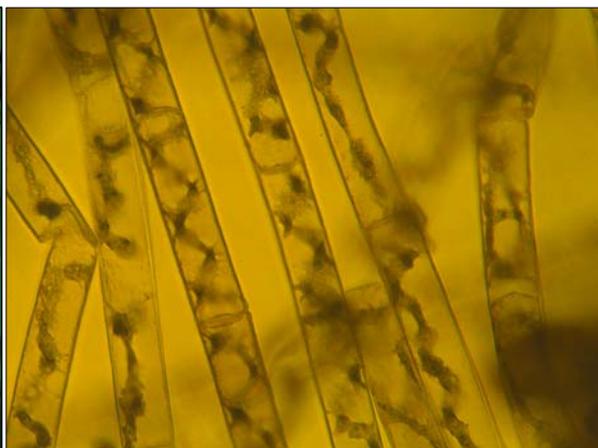
Para a determinação das concentrações de N e de metais totais a metodologia foi seguida na preparação e mineralização das amostras de tecido vegetal para análise por Espectrofotometria de Absorção Atômica (EAA) e Fotometria de Chama (EC), proposta pela APHA (1995).

As análises das concentrações de N e de metais totais foram realizadas no laboratório de Solos da empresa de Celulose Nipo-Brasileira CENIBRA S/A.

5.8)



5.9)



Figuras 5.8 e 5.9: Cianobactérias e clorofíceas do gênero Spyrogira sp. Foto tirada em aumentos de 100 e 400X.

5.3.4 - Identificação de heterocistos nas algas

A identificação de heterocistos nas cianobactérias foi realizada utilizando a câmara de Sedgewick Rafter e o microscópio da OLYMPUS, equipado com câmera digital de captura de imagens INFINITY LITE, com ampliação de 400X.

A câmara possui 100 milímetros cúbicos de líquido, 1 mm de profundidade, uma área de 50 X 20 mm. A base é dividida em retículos de 1 mm² cada. Possui uma lâmina de vidro para cobrir o líquido para ficar na correta profundidade em toda área da câmara.

Segundo Whitton, (1992) o heterocisto é uma estrutura desenvolvida pela alga, para a fixação de nitrogênio. (Figura 5.10). O monitoramento e a observação dessas estruturas podem indicar concentração de \pm nitrogênio no curso d'água.

Foram escolhidas de forma aleatória três seções em cada amostra. As lâminas foram examinadas para verificar a presença ou não de heterocistos nas cianobactérias.

Todas as imagens de algas exibidas neste trabalho foram tiradas utilizando o microscópio da OLYMPUS, na ampliação de 400X e processadas pelo programa de captura de imagens IMAGE PRO-PLUS, versão 6.2[®], cedido pela Celulose Nipo-Brasileira CENIBRA S/A.

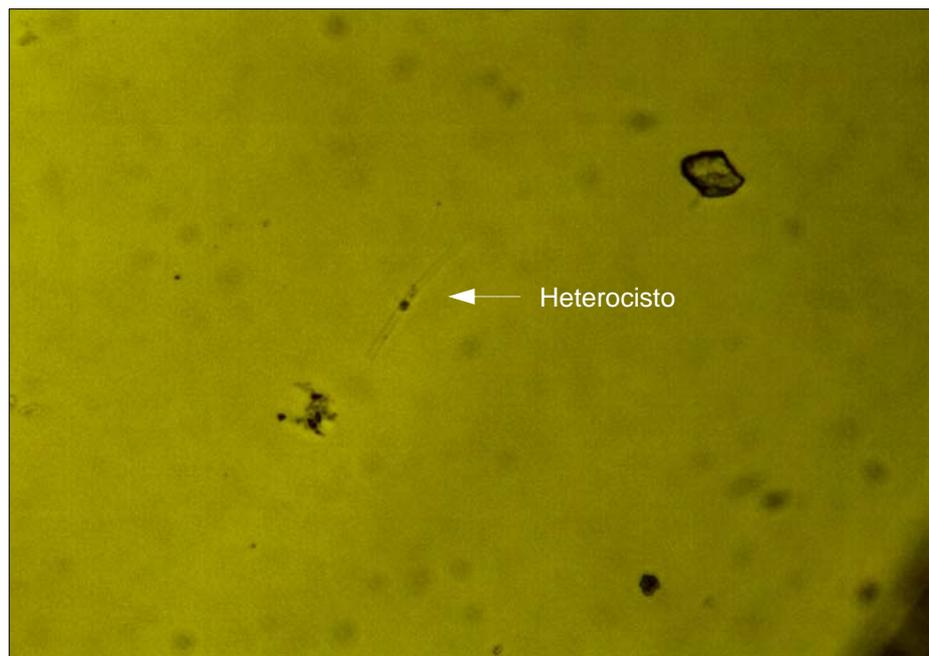


Figura 5.10: Cianobactéria com presença de heterocisto, coletada em agosto de 2007 na microbacia Vai Volta. Foto com aumento de 400X.

5.4 Metodologias de coleta e análises físico-químicas do Litter

Para testar a hipótese que o curso d'água recebe contribuições de N da floresta Nativa e de espécie de Eucalyptus caracterizou-se a decomposição do material alóctone de folhas e galhos de espécies Nativas e Eucalyptus.

5.4.1- Procedimentos de coleta

O litter foi coletado no mês de agosto de 2007, aleatoriamente e manualmente, onde se retirava folhas e galhos de espécies Nativas e Eucalyptus ainda nas árvores. Retiravam-se as folhas com o pedúnculo, conforme ela caía no corpo d'água e foram escolhidos galhos mais finos para facilitar as análises deste material.

Neste estudo, o litter é definido como o material vegetal, originado das árvores e da vegetação de sub-bosque, que se deposita no solo florestal.

Compreende as partes vegetativas (folhas, galhos com $\varnothing < 2,0$ cm e cascas) e reprodutivas (flores, frutos e sementes). (SABARÁ, 1994). O material alóctone utilizado neste estudo foram frações de folhas e galhos somente.

5.4.2 - Montagem do experimento

O litter foi separado em frações correspondentes às folhas e galhos de Nativas e Eucalyptus, e teve seu peso seco determinado após secagem em estufa de circulação a temperatura de 40 ° C durante 48 horas.

Quantidades determinadas de ± 5 gramas de folhas e galhos, foram colocadas em sacos de filó, na cor preta com dimensões de aproximadamente 10 X 15 cm e abertura de malha de 1,0 mm, como mostra as figuras 5.11 e 5.12 e incubadas as margens do curso d'água e foram retiradas após 24 horas, 3, 7, 15, 30 e 90 dias da água. Os sacos de filó foram amarrados com linha de nylon a um tudo de PVC e preso a margem do córrego (Figura 5.13). O experimento teve início em 18 de setembro de 2007 e a última amostra foi recolhida em 17 de dezembro de 2007.

5.11)



5.12)



Figuras 5.11 e 5.12: Sacos de filó preenchidos com frações de folhas e galhos.



Figura 5.13 – Sacos de filó preenchidos com frações de folhas e galhos de espécies nativas e Eucalyptus e incubados as margens do curso d'água.

Depois de retirados da água, o material dos sacos de filó foi secado novamente em estufa de circulação e teve seu peso seco determinado.

Uma massa aproximada de 3 gramas do litter era pesada e encaminhada para análise da concentração de N-total e metais.

5.4.3 – Análises do Litter

A taxa de decomposição do material foi obtida a partir da variação da perda de massa, variação nos teores de nitrogênio, da concentração de metais totais e concentração de polifenóis.

5.4.3.1 – Perda de massa

As frações de folhas e galhos de Nativa e Eucalyptus tiveram seu peso seco determinado antes da incubação, o que corresponde a 100% de seu peso seco.

A cada retirada dos sacos de filó nos diferentes tempos de incubação, o material era devidamente secado em estufa e novamente pesado para avaliar a

porcentagem (evolução) de perda da massa do material, determinando assim as variações de massa entre os tempos incubação.

5.4.3.2 – Determinação da concentração de nitrogênio e metais

A metodologia seguida para a determinação das concentrações de N e de metais totais (Tabela 5.6) foi proposta pela APHA (1995), seguida na preparação e mineralização das amostras de tecido vegetal para análise por Espectrofotometria de Absorção Atômica (EAA) e Fotometria de Chama (EC).

As análises eram realizadas a cada retirada dos sacos de filó do curso d'água, nos diferentes tempos de incubação, com objetivo de avaliar as variações nas concentrações.

Tabela 5.6: Variáveis analisadas em amostras de litter

Variáveis	Unidades
Concentração de N total	mg/Kg
Concentração de K total	mg/Kg
Concentração de Ca total	mg/Kg
Concentração de Mg total	mg/Kg
Concentração de Zn total	mg/Kg
Concentração de Cu total	mg/Kg
Concentração de Fe total	mg/Kg
Concentração de Mn total	mg/Kg

As análises foram realizadas pela empresa de Celulose Nipo-Brasileira CENIBRA S/A

5.4.3.3 – Determinação da concentração de polifenóis

5.4.3.3.1 – Montagem do experimento para a determinação de polifenóis

Em laboratório, após a secagem do material vegetal em estufa de circulação a temperatura de 40 ° C, durante 48 horas, quantidades determinadas de 1 grama de

folhas e galhos de espécies Nativas e Eucalyptus foram colocadas em béqueres, imersas em 10 ml de água deionizada e deixadas em mesa agitadora com o objetivo de simular a condições naturais do curso d'água e retiradas após 24 horas, 3, 7, 15, 30 dias. A cada retirada media-se a concentração de polifenóis para avaliar as variações nas concentrações.

Quimicamente, os polifenóis são definidos como um fenol de várias hidroxilas ligadas a um anel aromático, estão presentes no reino vegetal em abundância, onde já foram identificados mais de 8.000 deles. Os polifenóis são encontrados principalmente nas cascas, sementes e folhas de frutas e vegetais, conferindo-lhes uma coloração viva e brilhante. São também responsáveis pela proteção contra os ataques físicos como as irradiações ultravioletas do sol e dos ataques biológicos de fungos, vírus e bactérias. (HIGASHI, 2008).

Em sistemas florestais, a compreensão dos fatores que regulam a decomposição pode assumir importante papel no manejo de plantios florestais, possibilitando a elaboração de técnicas de cultivo que melhorem a utilização de nutrientes contidos nesse material (COSTA *et al.*, 2005).

5.4.3.3.2 – Procedimento de análise

Segundo Allen (1989), a determinação da concentração de polifenóis é baseada na reação descrita por Folin-Denis, contra um padrão de ácido tânico.

5.5 Metodologias de análises estatísticas

A metodologia estatística aplicada nos dados foi segundo Zar, (1996). A figura 5.15 mostra um fluxograma da metodologia utilizada para o tratamento estatístico dos dados.

A estatística não paramétrica foi utilizada devido à margem de erro ser menor e, além disso, esta aceita dados paramétricos, distribuições desiguais, número de observações diferentes, etc.

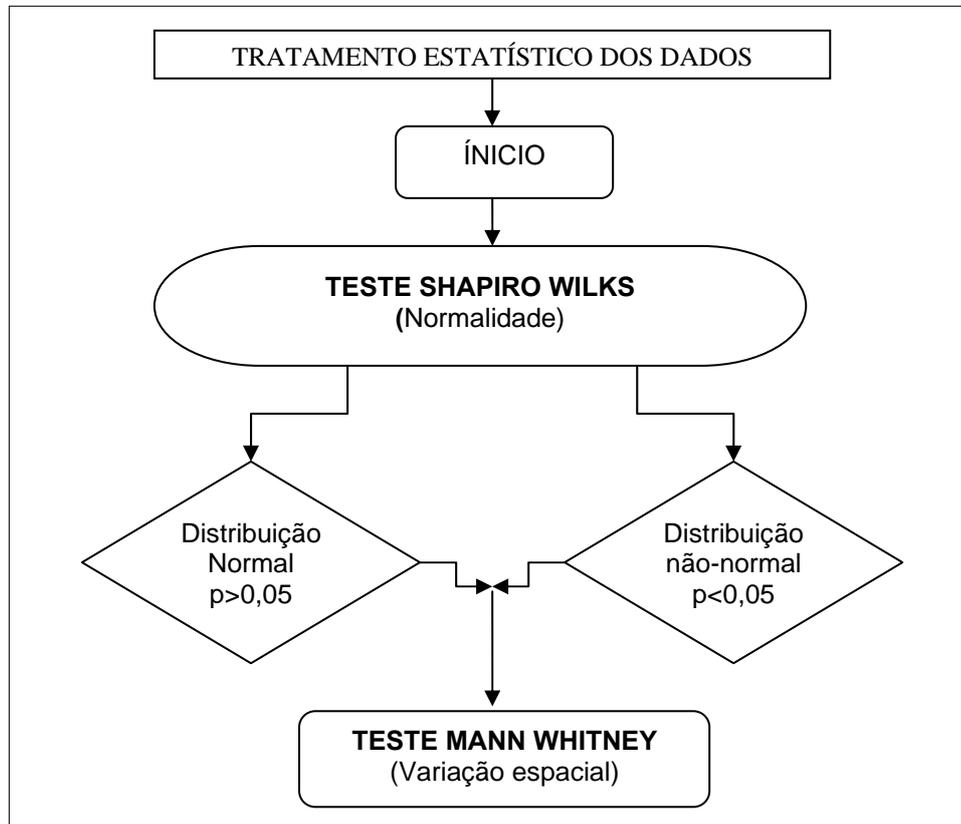


Figura 5.14: Fluxograma: metodologia para tratamento estatístico dos dados.

5.5.1 – Normalidade dos dados

Primeiramente, todos os dados foram submetidos ao teste de Shapiro Wilks - Teste “W”, para verificar a normalidade dos dados, ao nível de significância de 0,05.

Quando um conjunto de resultados apresenta distribuição normal pode-se utilizar estatística paramétrica. Caso existam conjuntos de valores com distribuição não normal utiliza-se estatística não paramétrica. Este é um dos testes mais usados pela robustez e menor limitação no tratamento de dados.

As hipóteses do teste de Shapiro Wilks são as seguintes:

H_0 = as variáveis seguem uma distribuição normal;

H_a = as variáveis não seguem uma distribuição normal.

5.5.2 – Variação espacial dos dados

Para testar a hipótese de haver uma diferença real das variáveis analisadas em função os dois pontos coleta (espacialmente), foi aplicado o teste não-paramétrico Mann Whitney, Test “U”. O nível de significância foi de 0,05.

As hipóteses do teste são descritas abaixo:

H_0 = as variáveis não foram diferentes entre os dois pontos de coleta;

H_a = as variáveis foram diferentes entre os dois pontos de coleta.

Para o tratamento estatístico de todos os dados, foi utilizado o programa STATISTICA versões 5.0[®] e 6.0[®].

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Variáveis físicas e químicas medidas in situ.

6.1.1 - Temperatura

Em toda a pesquisa, os córregos das bacias florestais apresentaram valores amostrados de temperatura da água entre mínimo (14,8 °C) registrado na microbacia Vai e Volta (Vv) e máximo (25,3 °C) em Milagres (Mi), significando um intervalo de 10,5 °C entre as duas bacias. A tabela 6.1 mostra as análises descritivas para a variável temperatura.

Tabela 6.1: Sumário de resultados das análises descritivas da variável temperatura da água determinada in situ nas microbacias Vai e Volta e Milagres. Valores em (°C), exceto para variância (°C²) e coeficiente de variação (%).

		Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Diferença	Variância	Desvio Padrão	Erro Padrão Média	Coeficiente Variação
Temperatura	Vv	19.3	19.7	14.8	24.6	9.8	5.8	2.4	0.6	12.5
	Mi	21.1	22.2	16.2	25.3	9.1	9.9	3.1	1.0	14.9

Numa primeira análise comparativa entre os dois pontos, Vv apresentou variação de 9,8 °C, com valor mínimo de 14,8 °C (julho/07) e máximo de 24,6 °C amostrado em dezembro/07. Para Mi a variação foi menor (9,1 °C), representando mínimo de 16,2 °C verificado em junho/07 e máximo de 25,3 °C (dezembro/2007). Na figura 6.1, é mostrada a distribuição das temperaturas durante o período de estudo entre os dois pontos e um detalhamento das mesmas nos períodos de seca e chuva, segue discutido no texto.

A normalidade dos dados foi testada os resultados sugerem que a distribuição das temperaturas em Vv e Mi seguem uma distribuição normal. Os resultados do

teste de Shapiro Wilks são apresentados na tabela 6.2. A média calculada foi de 19,3 °C para Vai e Volta e 21,1 °C para Milagres.

Tabela 6.2: Normalidade dos dados. Tabela geral de resultados do teste de Shapiro Wilks, para as variáveis básicas e físico-químicas da água. Valores marcados por “*” corresponde à distribuição normal de dados.

		Microbacia Vai e Volta		Microbacia Milagres	
		W	p	W	p
<i>In situ</i>					
Temperatura	(°C)	0.92788	0.28490*	0.91996	0.35660*
pH		0.93487	0.39400*	0.95800	0.76290*
Oxigênio dissolvido	(mg/l)	0.70263	0.00090	0.94818	0.64710*
Oxigênio saturado	(mg/l)	0.53214	0.00000	0.91697	0.33240*
Condutividade elétrica	(µS/cm)	0.46933	0.00000	0.87057	0.10150*
Potencial redox	(mV)	0.95800	0.75490*	0.75625	0.00430
Sólidos totais dissolvidos	(mg/l)	0.53030	0.00000	0.58903	0.00010
Salinidade	(‰)	0.54592	0.00000	0.71016	0.00190
<i>In vitro</i>					
Nitrito (NO ₂ ⁻)	(mg/l)	0.29684	0.00000	0.29684	0.00000
Nitrato (NO ₃ ⁻)	(mg/l)	0.87509	0.04950	0.92086	0.39940*
Amônia (NH ₄)	(mg/l)	0.57643	0.00000	0.95502	0.74500*
Nitrogênio orgânico dissolvido (NOD)	(mg/l)	0.61119	0.00010	0.85790	0.09100*
Nitrogênio orgânico particulado (NOP)	(mg/l)	0.87485	0.04910	0.86333	0.10450*
Nitrogênio total	(mg/l)	0.91289	0.17360*	0.87479	0.13830*
Clorofila <i>a</i>	(µg/l)	0.79075	0.00380	0.80886	0.02580
Sólidos suspensos	(mg/l)	0.76407	0.00190	0.41703	0.00000
Turbidez	NTU	0.94297	0.49640*	0.73238	0.00340
K ⁺	(mg/l)	0.67719	0.00030	0.91251	0.37210*
Ca ⁺²	(mg/l)	0.81828	0.01130	0.85728	0.11280*
Mg ⁺²	(mg/l)	0.92353	0.27980*	0.84002	0.07540*
Zn ⁺²	(mg/l)			0.41840	0.00000
Cu ⁺²	(mg/l)	0.88882	0.09400*	0.48809	0.00000
Fe ⁺²	(mg/l)	0.47233	0.00000	0.42961	0.00000
Mn ⁺²	(mg/l)	0.74461	0.0016	0.82301	0.0502*

A distribuição da variável temperatura da água ao longo dos meses de amostragem são apresentados na figura 6.1.

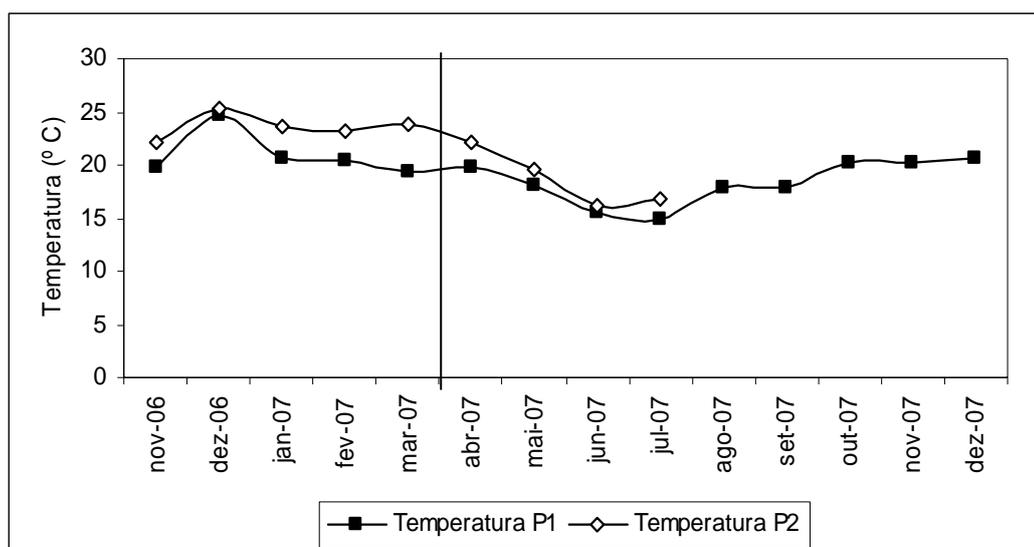


Figura 6.1: Distribuição e comportamento da temperatura da água (°C) nas microbacias Vai e Volta (P1) e Milagres (P2) durante o período de estudo. A linha marca o término da estação chuvosa.

Durante as chuvas (novembro/2006 a março/2007) as temperaturas observadas em Vv exibiram valores entre 24,6 °C (dezembro/2006) e 19,3 °C (março/2007) com intervalo de 5,3 °C. Para Mi a diferença foi menor 3,2 °C correspondente a (25,3 °C – 22,1 °C), máximo e mínimo, observados em dezembro e novembro de 2006, respectivamente. A média da temperatura na estação chuvosa foi 20,9 °C para Vv e 23,6 °C em Mi.

Na estação seca de 2007 (abril a setembro) os intervalos foram maiores, ficando em 4,9 °C (19,7 °C – 14,8 °C) em Vv, registradas em abril e julho/2008 e 6,0 °C (22,2 °C – 16,2 °C) em Mi, coletadas em abril e julho/2007. Os valores baixos encontrados nos meses de junho e julho/2007 devem-se provavelmente, a estação do inverno que abaixou as temperaturas mínimas nos dois pontos de coleta. A média desta variável durante a seca foi 17,3 °C em Vv, resultado novamente maior em Mi (18,6 °C).

Segundo Minuzzi *et al.* (2007), a região sudeste apresenta distintamente estações chuvosa e seca e, estas tem início entre outubro a março e de abril a setembro, respectivamente.

As médias de temperatura na estação chuvosa foram aparentemente maiores que as médias da estação seca, pois, a estação chuvosa, no médio rio Doce, coincide com os meses de verão.

Em Milagres não obtivemos dados de temperatura da água, de agosto até o final da pesquisa, devido à intermitência do curso d'água, consequência da irregularidade na precipitação anual na região em 2007. Para os cálculos realizados, tanto para a variável temperatura como para todas outras variáveis, os valores utilizados, foram coletados até o mês de julho/2007. Os dados referentes ao mês de maio/2008 são devido à realização de uma coleta extra para levantamento de mais informações sobre este ponto.

Os resultados do teste não-paramétrico Mann Whitney "U" Teste (Tabela 6.3), sugerem não haver diferenças significativas nas medianas da variável temperatura, isto é, as temperaturas coletadas nos dois córregos foram estatisticamente iguais.

Tabela 6.3: Resultados do teste de Mann-Whitney, para os valores de temperatura da água, amostradas nas microbacias Vai e Volta e Milagres.

Teste "U" - Mann Whitney	
Soma de "ranks" Vai e Volta	151
Soma de "ranks" Milagres	149
p	0.1599
p-level	0.1598
Valid N grupo 1	14
Valid N grupo 2	10

Os histogramas abaixo, figura 6.2, apresentam as faixas mais freqüentes de temperatura da água durante o período de coletas, ao mesmo tempo em que é feita uma comparação entre as duas microbacias.

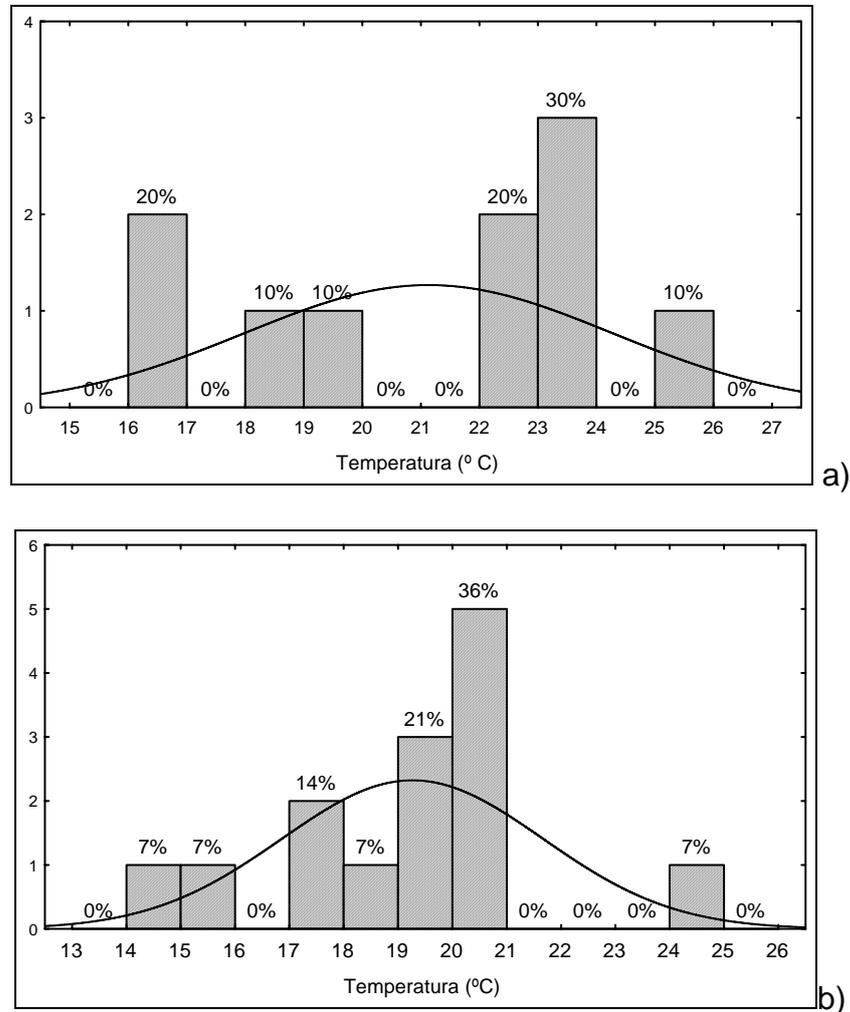


Figura 6.2: Histogramas de freqüência com distribuição das porcentagens (barras verticais) da variável temperatura da água, entre os meses amostrados nos pontos: a) microbacia Vai e Volta e b) microbacia Milagres

Os resultados gráficos sugerem que em Vv, as temperaturas mais freqüentes estiveram entre 19 e 21°C, somando 57% das observações. No restante, 14% da temperatura se distribuiu entre 17 a 18°C e temperaturas entre 14 a 16°, 18 a 19° e de 25 a 26°, distribuídas em barras de 7%, somaram 28% das observações.

Para Mi a faixa de temperatura mais freqüente foi 22 a 24°C, totalizando 50% das observações. Vinte por cento da temperatura se distribuiu entre 16 a 17°,

enquanto em Vv essa faixa correspondeu a 0% das observações. No restante as temperaturas ficaram entre 18 a 20° e 25 a 26°, em barras de 10%, que totalizaram 30% das observações. Os resultados obtidos neste gráfico se correlacionam diretamente com as médias calculadas entre o período de estudo.

Em termos espaciais, isto é, entre os dois pontos, Milagres foi o local que apresentou valores de temperatura da água mais elevados.

Apesar de a temperatura ser estatisticamente igual entre os dois pontos, Milagres apresentou maiores valores, devido, segundo Allan, (2004) e Dallas (2008), a fatores estruturais como a orientação norte ou sul, relevo, por fatores climáticos do tipo radiação solar e temperatura do ar, fatores regionais como a altitude do local - esse último de grande influência entre as duas microbacias – pois, a diferença de altitude é de 672 m entre os pontos. Vai e Volta é uma microbacia 3 vezes mais elevada do que Milagres, isto é, sendo uma região de clima mais fresco e temperatura do ar mais amena, possibilita uma temperatura da água em valores mais baixos, comparadas as de Milagres. Porém, a exposição norte de Vv, deve anular parte desse efeito.

O comportamento da temperatura da água sugere que a mesma foi afetada pelo uso do solo. Existe uma tendência de menores temperaturas em bacias florestadas (SABARÁ, 1999). Provavelmente, as distintas condições de cobertura dos córregos, pela vegetação ciliar, também tem papel significativo nos resultados encontrados.

6.1.2 – pH

O potencial hidrogeniônico apresentou variação de 1,06 unidades em todas as coletas realizadas. A variação corresponde à diferença entre o maior valor (7,02) observado em maio/07, enquanto o menor (5,96) registrado em novembro/07, ambos coletados em Vv. A tabela 6.4 mostra as análises descritivas para a variável pH.

Tabela 6.4: Sumário de resultados das análises descritivas da variável pH determinada in situ nas microbacias Vai e Volta e Milagres. Valores dados em unidades de pH, exceto para variância (unidade de pH ao quadrado) e coeficiente de variação (%).

		Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Diferença	Variância	Desvio Padrão	Erro Padrão Média	Coeficiente Variação
pH	Vv	6.41	6.36	5.96	7.02	1.06	0.09	0.30	0.08	4.7
	Mi	6.43	6.41	6.22	6.70	0.48	0.03	0.16	0.05	2.5

Para Mi, a variação foi 0,48 unidades, diferença entre o valor máximo 6,7 (julho/07) e mínimo 6,22 (novembro/07).

Segundo teste de normalidade - Shapiro Wilks os dados de pH seguem uma distribuição normal nas duas microbacias.

Uma comparação entre os valores de pH observados nos dois pontos de coleta é mostrada na figura 6.3.

Os resultados da análise não-paramétrica de Mann Whitney (Tabela 6.5), indicam que não houve diferenças entre as medianas, sendo o pH estatisticamente igual entre os dois pontos.

Tabela 6.5: Resultados do teste de Mann-Whitney, para os valores de pH da água, amostrados nas microbacias Vai e Volta e Milagres.

Teste "U" - Mann Whitney	
Soma de "ranks" Vai e Volta	145.5
Soma de "ranks" Milagres	130.5
p	0.5149
p-level	0.5146
Valid N grupo 1	13
Valid N grupo 2	10

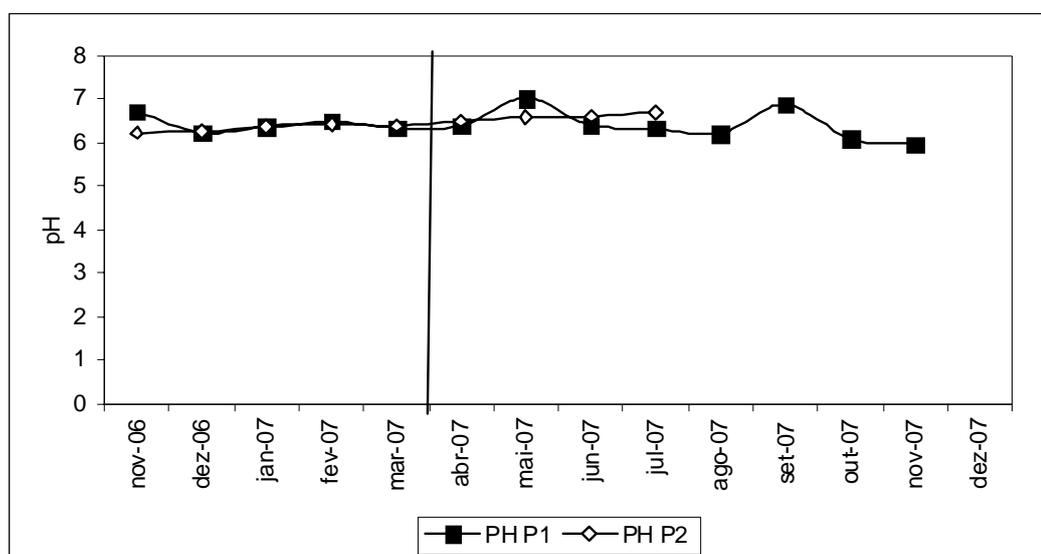


Figura 6.3: Distribuição e comportamento do pH da água nas microbacias Vai e Volta (P1) e Milagres (P2), durante o período de estudo. A linha marca o término da estação chuvosa.

O comportamento do pH foi distinto entre as duas microbacias. Nas chuvas de 2006, os valores de pH ficaram entre 6,0, não ultrapassando o valor máximo de 6,7 unidades em Vv. A diferença entre o valor máximo (6,7) e mínimo (6,22) resultou em uma variação de 0,48 unidades. Para Mi essa variação foi menor (0,21) correspondente a (6,7 – 6,49), observados em julho e abril/07, respectivamente. As médias calculadas na estação chuvosa foram 6,41 unidades de pH para Vv e 6,33 unidades para Mi.

Na estação seca computou-se o maior valor de pH (7,02) (maio/2007) em Vv e o menor valor nesta estação foi 6,2, registrado em (agosto/2007). O intervalo entre

esses dados é de 0,82 unidades. A variação foi menor em Mi (0,21 unidades), representando (6,7 – 6,49), máximo e mínimo observados em julho e abril de 2007. As médias de pH calculadas na estação seca foram bem próximas, 6,53 para Vv e 6,59 unidades para Mi. Os intervalos entre máximos e mínimos, tanto na estação chuvosa quanto na estação seca, foram maiores em Vai e Volta.

A Figura 6.4 mostra a disposição e freqüência dos valores de pH em porcentagem, em Vai e Volta e Milagres, durante a pesquisa

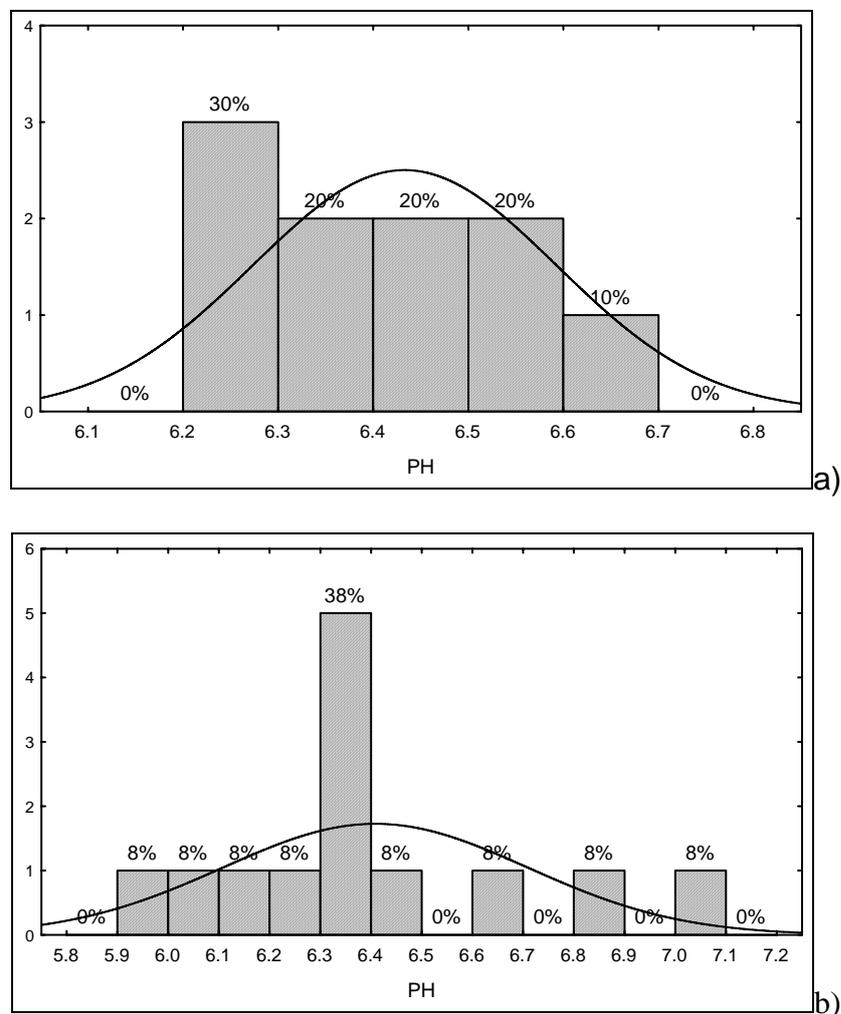


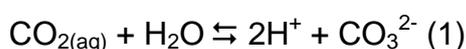
Figura 6.4: Histograma de freqüência com distribuição das porcentagens (barras verticais) da variável pH, entre os meses amostrados nos pontos: a) microbacia Vai e Volta e b) microbacia Milagres

O resultado mais expressivo foi que 38% dos valores de pH em (Vv) se distribuíram entre 6,3 a 6,4 unidades, correlacionando com a mediana encontrada (6,36). No restante, a variável pH se distribuiu em barras de porcentagens de 8%, com valores entre (5,9 a 6,3), (6,6 a 6,7), (6,8 a 6,9), (7,0 a 7,1) unidades, que somaram 64% das observações.

Em Milagres a distribuição foi bem diferente, a faixa de pH mais freqüente foi entre (6,2 a 6,3). Sessenta por cento da temperatura se distribuiu entre 6,3 a 6,6 e somente 10%, ficou entre 6,6 a 6,7 unidades de pH.

O pH exibiu caráter ácido durante toda a pesquisa, com médias de 6,41 e 6,43 para VV e Mi, respectivamente, ou seja, o pH foi ligeiramente menor para Vv, porém, os resultados de Mann Whitney indicaram que pH foi igual entre os pontos. Para MacDonald *et al.*(1991), em cursos d'água do noroeste americano a entrada de material alóctone, principalmente oriundo dos trabalhos de exploração florestal, libera ácidos orgânicos e acelera a taxa de respiração microbiana, causando a diminuição do pH da água. O mesmo pode estar ocorrendo nas águas das microbacias.

Não houve grandes variações entre os valores de pH registrados durante as épocas de seca e chuva, porém os maiores valores ocorreram na estação seca. Santos *et al.*, (2008), sugere que esta variável é pouco afetada pelo uso do solo, fato que poderia justificar tal comportamento. Há também a influência da fotossíntese no pH. Durante o dia, o CO_2 (aq) é usado pelas algas na fotossíntese, isso desloca o equilíbrio da reação (1) para a esquerda, removendo H^+ da água e elevando o pH do meio (TUNDISI e TUNDISI, 2008).



6.1.3 – Oxigênio dissolvido e saturação do oxigênio

A variação global na concentração de oxigênio dissolvido foi de 8,03 mg/l, resultado da diferença entre o valor máximo amostrado em Vv (8,53 mg/l) e o valor mínimo (0,5 mg/l) observado em Mi. (Tabela 6.6).

Os valores mínimos e máximos na concentração de oxigênio dissolvido, também representam o mínimo (5,9%) e o máximo (93,6%), para a saturação de oxigênio.

Tabela 6.6: Sumário de resultados das análises descritivas da variável oxigênio dissolvido determinada in situ nas microbacias Vai e Volta e Milagres. Valores em (mg/l), exceto para variância (mg/l²) e coeficiente de variação (%).

		Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Diferença	Variância	Desvio Padrão	Erro Padrão Média	Coeficiente Variação
Oxigênio Dissolvido	Vv	7.309	7.425	4.17	8.53	4.36	1.158	1.076	0.311	14.7
	Mi	1.6	1.49	0.5	2.85	2.35	0.576	0.759	0.240	46.3

O primeiro ponto apresentou variação de 4,36 mg O₂ /l entre o valor mínimo 4,17 mg O₂ /l em janeiro/07 e o máximo de 8,53 mg O₂ /l observado em julho/07. Os valores da saturação do oxigênio para estes mínimos e máximos são 51,8% e 93,6% respectivamente.

As concentrações de oxigênio dissolvido encontradas em Mi tiveram variação de 2,35 mg O₂ /l entre o mínimo (0,5 mg O₂ /l) em novembro de 2006 e máximo (2,85 mg O₂ /l) em maio de 2007, correspondendo a 5,90% e 32,40% para saturação do oxigênio dissolvido.

As concentrações de oxigênio dissolvido não seguem distribuição normal em Vai e Volta, apenas em Milagres, segundo os resultados do teste de normalidade.

Como procedido anteriormente, uma comparação entre a distribuição e comportamento do oxigênio dissolvido entre as duas microbacias, é mostrado na figura 6.5.

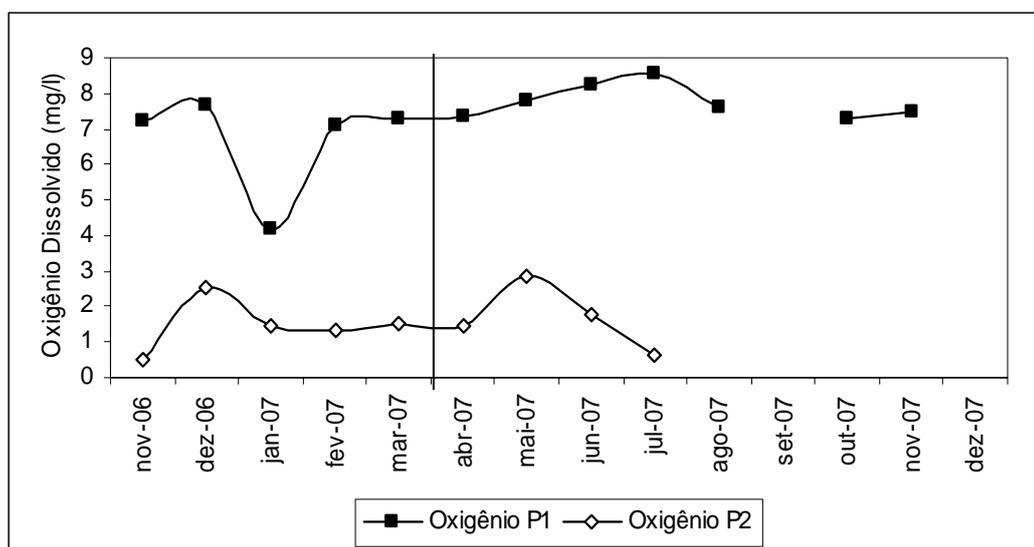


Figura 6.5: Distribuição e comportamento do oxigênio dissolvido da água nas microbacias Vai e Volta (P1) e Milagres (P2) durante o período de estudo. A linha marca o término da estação chuvosa.

Durante a estação chuvosa em Vv, as concentrações de O_2 dissolvido ficaram entre 4,1 e 7,6 mg/l, (95,2 e 51,8 % de saturação) observados em dezembro/06 e janeiro/07. O intervalo entre os valores máximo e mínimo foi 3,5 mg/l. Os valores máximo e mínimo encontrados em Mi (0,5 e 2,55 mg/l) ocorreram nos mesmos meses como em Vv, resultando em um intervalo de 2,05 mg/l. A saturação do O_2 para os respectivos valores foram (32 e 18,7 %), valores muito inferiores quando comparada aos resultados de Vv. A média das concentrações calculadas na estação chuvosa foram 6,6 mg O_2 /l em Vv e somente 1,4 mg O_2 /l para Mi.

A quantidade de oxigênio dissolvido na água aparentemente aumentou na estação seca. Milagres, região de Belo Oriente onde a seca foi mais pronunciada, a variação foi maior em relação ao período chuvoso (2,22 mg/l) com máximo (2,85 mg/l) e mínimo (0,63 mg/l) registrados nos meses maio/07 e julho/07. A saturação do

O₂ dissolvido para os respectivos valores foram (32,4 e 6,6 %) e média das concentrações nesse período foi 1,64 mg O₂/l.

Em Vv, a média na estação seca foi de 7,7 mg O₂ /l, muito superior a de Milagres (1,6 mg/l). A variação foi 1,3 mg/l resultado da diferença entre 8,5 mg/l máximo observado em julho/07 e 7,2 mg/l registrado em outubro/07. A saturação do O₂ nesses meses foram (93,6 e 90,4%). Contudo, analisando a disposição das concentrações de oxigênio dissolvido no gráfico, juntamente médias computadas, Vv apresentou maior concentração desse elemento.

Agruparam-se os valores de oxigênio dissolvido amostrados nas microbacias e procedeu-se ao teste de Mann-Whitney, com os resultados apresentados na tabela 6.7.

Tabela 6.7: Resultados do teste de Mann-Whitney, para os valores de oxigênio dissolvido da água, amostrados nas microbacias Vai e Volta e Milagres.

Teste "U" - Mann Whitney	
Soma de "ranks" Vai e Volta	198
Soma de "ranks" Milagres	55
p	7.629E-05
p-level	7.629E-05
Valid N grupo 1	12
Valid N grupo 2	10

Segundo os resultados do teste "U", houve diferenças significativas entre os valores de oxigênio dissolvido e saturação do oxigênio, em função dos dois pontos de coleta.

As concentrações de oxigênio dissolvido foram aparentemente maiores na estação seca e em termos espaciais foram diferentes entre as duas microbacias. A concentração de O₂ foi superior em Vai e Volta do que em Milagres. O que poderia ser justificado em razão do primeiro ponto ser uma região mais fria e de elevada altitude em relação a Milagres, tal fato diminui a temperatura da água e permite

maior concentração de oxigênio dissolvido. Ao contrário, Milagres região de Belo Oriente, tem uma temperatura média do ar mais alta, fazendo com que as águas se aqueçam e diminuam seu conteúdo de oxigênio dissolvido. Também, o maior comprimento do curso d'água em Vv, aumenta a área para crescimento de perifíton, que produz O.D. para a água, aproveito-se da exposição norte e dos dias com menor cobertura de nuvens. Além disso, a turbidez da água diminui, aumentando taxa de produção de O.D. (ESTEVES, 1998).

A figura 6.6 mostra as concentrações de oxigênio dissolvido que ocorreram com mais freqüência bem como sua distribuição durante a pesquisa.

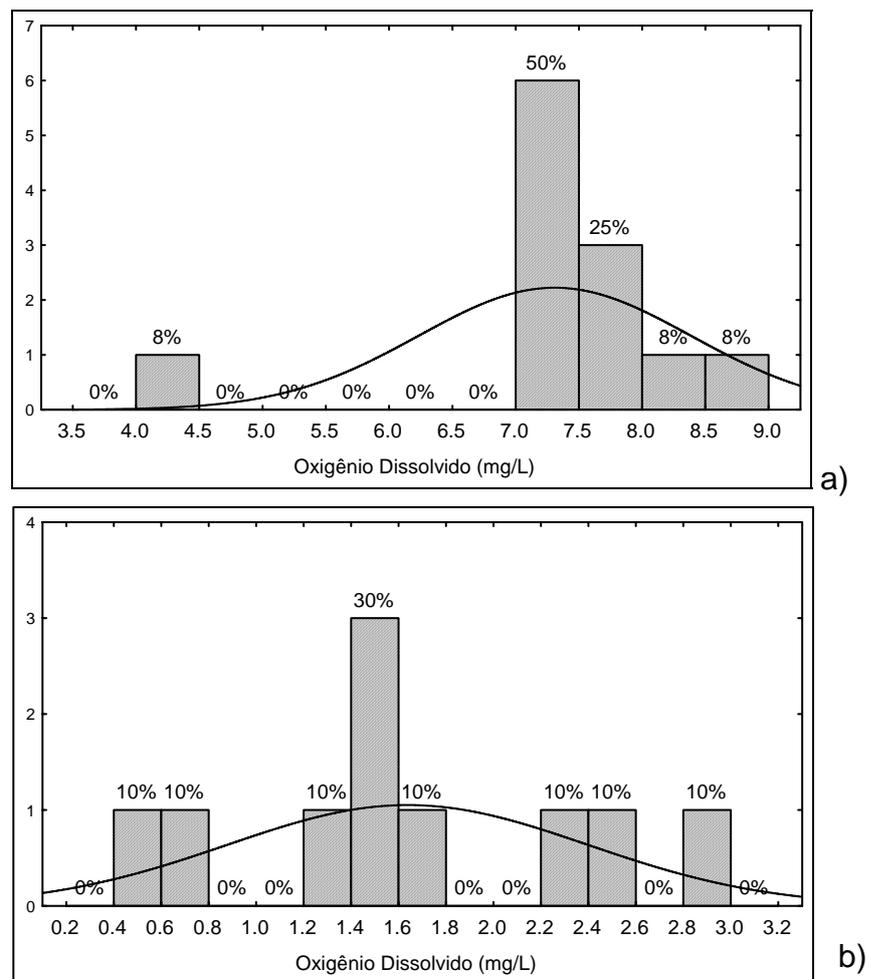


Figura 6.6: Histograma de freqüência com distribuição das porcentagens (barras verticais) da variável oxigênio dissolvido, entre os meses amostrados nos pontos: a) microbacia Vai e Volta e b) microbacia Milagres

De acordo com o histograma 50% das concentrações de O₂ dissolvido em Vv ficaram entre valores de 7,0 a 7,5 mg/l. Essa mesma faixa de concentração não ocorre para a microbacia Milagres. A segunda faixa mais freqüente (25%) de concentração em Vv foi entre 7,5 a 8,0 mg/l. O restante das concentrações se distribuíram entre 4,0 a 4,5 mg/l e 8,0 a 9,0 mg/l somando 24% das observações.

A faixa de concentração de O₂ dissolvido mais freqüente em Milagres foi entre valores de 1,4 a 1,6 mg/l. No restante as concentrações se distribuíram em barras de 10% entre valores (0,4 a 0,8), (1,2 a 1,4), (1,6 a 1,8), (2,2 a 2,6), (2,8 a 3,0) mg/l, somando 70% das observações.

A mediana das concentrações de O₂ dissolvido em Vv foi 7,4 mg/l e em Mi foi 1,49 mg/l, valores esses que se correlacionam com os mostrados no histograma de freqüência.

Segundo Sabará (1994), os valores baixos nos teores de O₂ dissolvido especialmente em Milagres estão ligados à decomposição matéria orgânicos acumulada. (WETZEL, 1982). A concentração de oxigênio dissolvido na água pode sofrer drástica redução quando se aumenta consideravelmente a concentração de material orgânico e inorgânico em suspensão na água (TUNDISI e TUNDISI, 2008). Isso pode justificar os valores baixos de O₂ dissolvido e saturação do O₂ em Milagres, pois esse ponto se caracteriza por possuir uma mata ciliar mais densa, a qual pode liberar mais material em suspensão para o curso d'água que são fontes importantes de perda de oxigênio durante o processo de decomposição. Novamente, a extensão menor do curso d'água em Mi, diminui a cobertura algal e a produção de O.D.

A concentração de oxigênio entre os dois pontos permitem a compreensão do fator balanço de oxigênio, como um dos mais importantes no ecossistema aquático.

O oxigênio dissolvido é sensível a temperatura, pois o aumento desta diminui a solubilidade do oxigênio na água e aumenta a intensidade de reações e de processos biológicos, por exemplo, o metabolismo dos organismos, provocando um maior consumo de oxigênio.

6.1.4 – Condutividade Elétrica

A microbacia Vai e Volta em dezembro/2006, registrou o maior valor para condutividade elétrica da água de toda a pesquisa: 390 $\mu\text{S}/\text{cm}$. E em julho/2007, Milagres registrou (-3 $\mu\text{S}/\text{cm}$) o menor valor entre todos os observados, significando uma variação de 393 $\mu\text{S}/\text{cm}$ entre as duas microbacias. A tabela 6.8 mostra as análises descritivas para a variável condutividade elétrica.

Tabela 6.8: Sumário de resultados das análises descritivas da variável condutividade elétrica determinada in situ nas microbacias Vai e Volta e Milagres. Valores em ($\mu\text{S}/\text{cm}$), exceto para variância ($\mu\text{S}/\text{cm}^2$) e coeficiente de variação (%).

		Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Diferença	Variância	Desvio Padrão	Erro Padrão Média	Coeficiente Variação
Condutividade Elétrica	Vv	50.7	12	1.4	390	388.6	11859.1	108.9	29.1	214.6
	Mi	63.1	64.5	54.5	75.1	20.6	62.4	7.9	2.5	12.5

Para Vv, os valores de condutividade elétrica ficaram entre mínimo de 1,36 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e máximo de 390/ μS cm, exibindo um intervalo de 388 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Esses valores foram coletados em dezembro/06 e outubro/07.

Para o Mi, as observações ficaram entre mínimo de 54,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e máximo de 75,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$, observadas em maio/07 e na amostragem extra de maio/08 mostrando uma variação menor de 20,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Vai e Volta exibiu a maior variação de condutividade elétrica na água durante a pesquisa: 388,64 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 18 vezes maior do que a variação calculada para o Milagres. Uma comparação entre os valores de condutividade elétrica observadas nas microbacias é mostrada na figura 6.7.

Segundo o teste de normalidade de Shapiro Wilks, a variável condutividade elétrica não segue distribuição normal em Vai e Volta. Os dados de condutividade de Milagres têm distribuição normal.

A mediana da condutividade computada em Vv entre os meses de coleta foi 12 $\mu\text{S/cm}$ e a obtida em Mi foi 64,5 $\mu\text{S/cm}$.

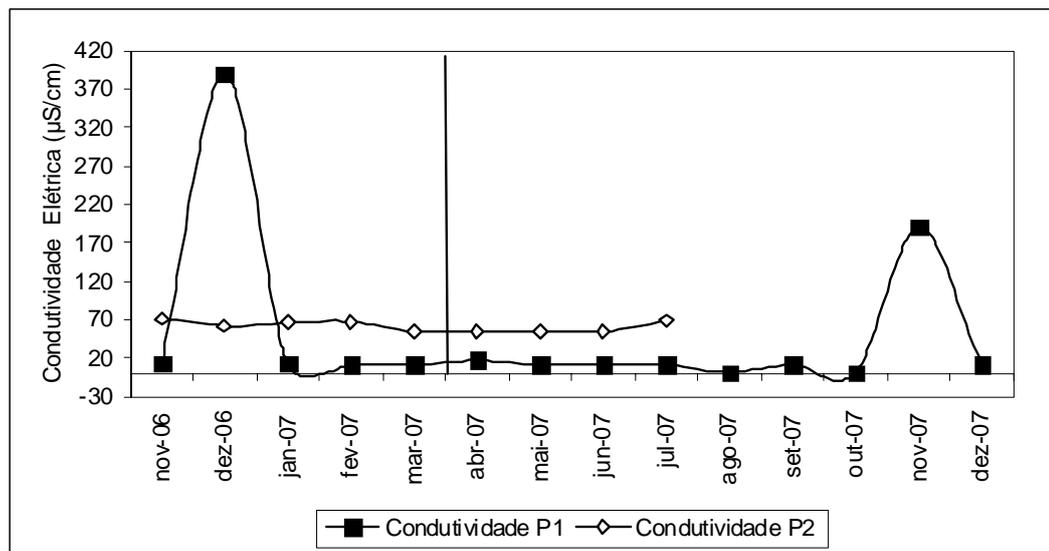


Figura 6.7: Distribuição e comportamento da condutividade elétrica da água nas microbacias Vai e Volta (P1) e Milagres (P2) durante o período de estudo. A linha marca o término da estação chuvosa.

Observando-se o gráfico, em Vv houve grande variação e em Mi os valores de condutividade ficaram entre 50 e 70 $\mu\text{S/cm}$.

Durante a estação chuvosa, Vv registrou um intervalo de 378 $\mu\text{S/cm}$, resultado da diferença entre o máximo e mínimo encontrados neste período, 390 e 11,5 $\mu\text{S/cm}$, verificados em dezembro/06 e fevereiro/07, respectivamente. Já em Milagres o intervalo foi bem menor nesta estação chuvosa (16,6 $\mu\text{S/cm}$) apresentando máximo (71,6 $\mu\text{S/cm}$) e mínimo (55 $\mu\text{S/cm}$) medidos em março/07 e novembro/06. As médias de condutividade nesta estação foram 88,1 e 64,6 $\mu\text{S/cm}$ para Vv e Mi, respectivamente.

Na estação seca o intervalo entre o máximo e o mínimo em Vv foi menor (15,7 $\mu\text{S/cm}$), resultado da diferença entre 17,1 $\mu\text{S/cm}$ e 1,4 $\mu\text{S/cm}$, registrados em abril e agosto/07. Para Mi o intervalo entre os dados foi ligeiramente menor também (14,1 $\mu\text{S/cm}$), correspondente ao máximo de 68,6 e mínimo 54,5 $\mu\text{S/cm}$, observados nos meses de julho e maio/07. As médias desta variável na estação seca diminuiu comparada a estação chuvosa 10,8 $\mu\text{S/cm}$ para Vv e 58,1 $\mu\text{S/cm}$ calculado para Mi.

O elevado valor encontrado no primeiro ponto durante a estação chuvosa, possivelmente se deu pelo arraste de íons da solução do solo para o corpo d'água, oriundos da decomposição alóctone que foram carregados para o córrego através do escoamento superficial. E os vários valores baixos encontrados tanto no ponto 1 quanto no ponto 2, indicam que os córregos florestais já possui a tendência de exibir valores significativamente menores para a condutividade elétrica (SABARÁ, 1999).

Os resultados encontrados do teste de Mann Whitney (Tabela 6.9), indicam que entre os dois pontos, houve diferença significativa entre os valores de condutividade elétrica das águas dos córregos drenando bacias florestais, o que significa dizer estatisticamente que a condutividade nos dois pontos foram diferentes.

Tabela 6.9: Resultados do teste de Mann-Whitney, para os valores de condutividade elétrica da água, amostrados nas microbacias Vai e Volta e Milagres.

Teste "U" - Mann Whitney	
Soma de "ranks" Vai e Volta	125
Soma de "ranks" Milagres	175
p	0.0034
p-level	0.0034
Valid N grupo 1	14
Valid N grupo 2	10

Os resultados da estatística “U” apontaram que a condutividade me mostrou diferente entre os pontos de coleta.

Os histogramas de frequência para condutividade elétrica da água são mostrados na figura 6.8.

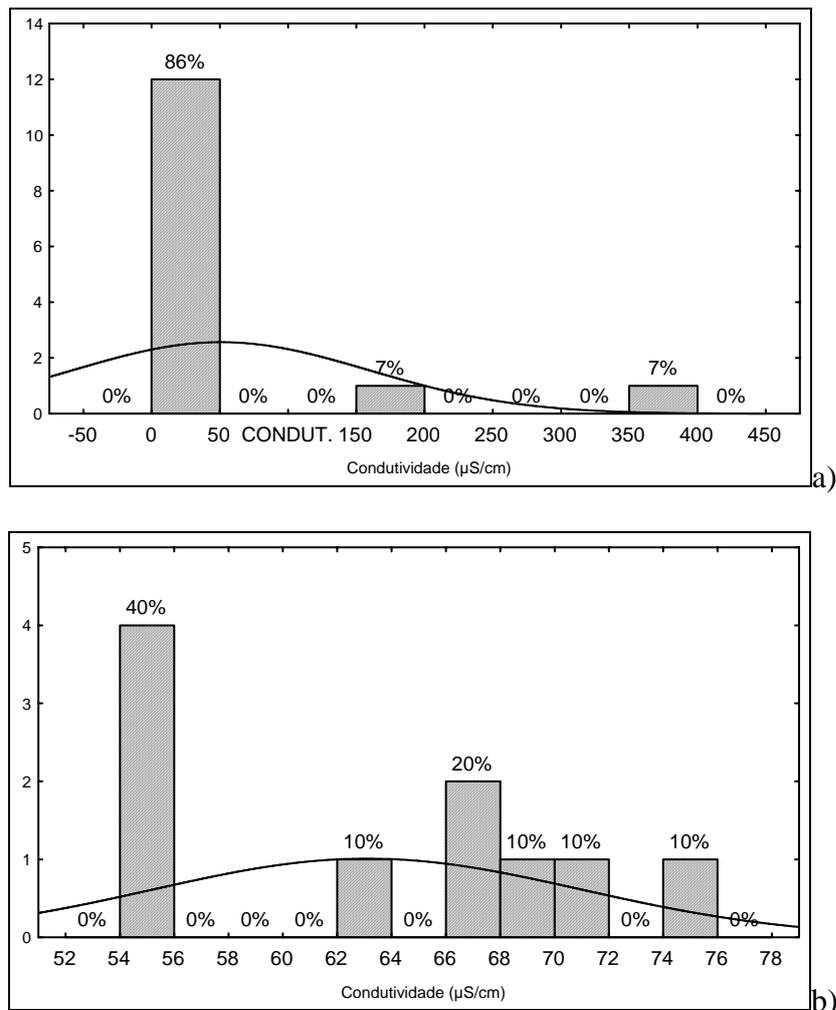


Figura 6.8: Histogramas de frequência com distribuição das porcentagens (barras verticais) da condutividade elétrica entre os meses amostrados nos pontos: a) microbacia Vai e Volta e b) microbacia Milagres.

Os resultados do histograma para Vv sugerem que 86% dos valores de condutividade se distribuíram entre 0 e 50 µS/cm. No restante a condutividade se distribuiu entre 150 a 200 µS/cm e 350 a 400 µS/cm, somando 14% das observações.

Para Mi as faixas mais freqüentes ficaram entre 54 a 56 e 66 a 68 $\mu\text{S/cm}$, somando 60% dos valores coletados. No restante a condutividade se distribuiu entre 62 a 64, 68 a 70, 70 a 72, 74 a 76 $\mu\text{S/cm}$, somando 40% das observações.

A condutividade entre os pontos, se apresentou diferente segundo os resultados de Mann Whitney, contudo, observou-se valores maiores na microbacia Milagres.

Como são os íons que afetam a condutividade elétrica da água, esta variável reflete a composição química da água, que aparentemente foi mais rica em íons para Milagres, sugerido pelas concentrações das formas totais de metais. O elevado valor (390 $\mu\text{S/cm}$) medido em dezembro de 2006 (estação chuvosa) ocorreu provavelmente após um evento de precipitação intensa que solubilizou estes íons responsáveis pela elevação da condutividade elétrica neste mês. (SABARÁ, 1994).

6.1.5 – Potencial Redox

Na microbacia Milagres verificou-se o valor máximo (132,5 mV) e o mínimo (-33,4 mV) do potencial de oxidação (Eh) de toda a pesquisa. O maior valor foi amostrado em junho/07 e o menor em novembro/06, compreendendo épocas de seca e cheia, respectivamente, apresentando uma variação de 165,9 mV. A tabela 6.10 mostra as análises descritivas para a variável potencial redox.

Tabela 6.10: Sumário de resultados das análises descritivas da variável potencial redox determinada in situ nas microbacias Vai e Volta e Milagres. Valores em (mV), exceto para variância (mV^2) e coeficiente de variação (%).

		Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Diferença	Variância	Desvio Padrão	Erro Padrão Média	Coeficiente Variação
Potencial Redox	Vv	25.3	25.2	19.3	34.2	14.9	22.4	4.7	1.4	18.7
	Mi	25.1	20.4	-33.4	132.5	165.9	1762.9	42.0	13.3	167.2

A microbacia Vai e Volta exibiu variação de 14,9 mV, correspondente ao máximo de 34,2 mV registrado em dezembro/06 e mínimo de 19,3 mV observado em fevereiro/07. Uma análise comparativa entre os valores de potencial redox observados nas microbacias pode ser feita através da figura 6.9.

Os resultados do teste de normalidade sugerem que a variável potencial redox, não segue uma distribuição normal em Milagres, somente em Vai e Volta.

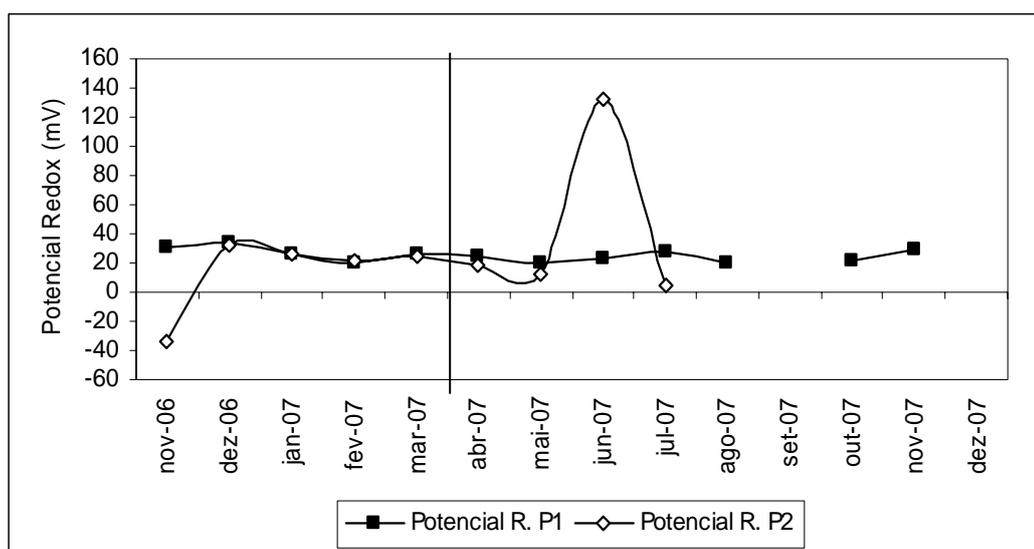


Figura 6.9: Distribuição e comportamento da variável potencial redox da água nas microbacias Vai e Volta (Ponto 1) e Milagres (Ponto 2) durante o período de estudo. A linha marca o término da estação chuvosa.

Aparentemente o potencial redox se comportou distintamente entre as duas microbacias florestais. Em Vv os valores desta variável ficaram entre 20 e 40 mV e para Mi pela distribuição dos valores houveram variações.

A diferença entre o potencial redox máximo (34,2 mV) e mínimo (19,3 mV), na estação chuvosa em Vv foi de 14,9 mV, medidos em fevereiro/07 e dezembro/06, enquanto para Milagres essa diferença foi 65,9 mV resultado do intervalo entre (-33,4 mV) e 32,5 mV observados em novembro e dezembro de 2006.

Em Vv o potencial redox durante a estação seca variou entre 19,3 mV e 28,3 mV, resultando num intervalo de 9 mV. Os valores máximos e mínimos foram observados em agosto e julho/07. Já para Mi a variação foi maior 127,4 mV resultado da diferença entre 5,1 e 132,5 mV coletados em julho e junho/07.

As médias do potencial redox na estação chuvosa foram as seguintes: 27,4 e 14,58 mV para Vv e Mi respectivamente. Na seca as médias calculadas foram 23,22 para Vv e 42,1 mV em Milagres, valor superior a média na estação chuvosa, ou seja, em Vv, as concentrações foram maiores na estação chuvosa e para Milagres na estação da seca.

O caráter oxidante das águas ficou demonstrado pelo fato de que apenas 1 dos 29 valores foram negativos. Não houve grandes variações nos valores de (Eh) em Vv, que apresentou mediana de 25,2 mV e Milagres (20,4 mV).

A análise não paramétrica de Mann Whitney testou a hipótese de haver diferença da variável potencial redox em relação aos dois pontos. (Tabela 6.11).

Tabela 6.11: Resultados do teste de Mann-Whitney, para os valores de potencial redox da água, amostrados nas microbacias Vai e Volta e Milagres

Teste "U" - Mann Whitney	
Soma de "ranks" Vai e Volta	158
Soma de "ranks" Milagres	95
p	0.1872
p-level	0.1871
Valid N grupo 1	12
Valid N grupo 2	10

Os resultados do teste indicam que não houve diferenças espaciais entre as medianas da variável potencial redox entre os dois pontos de coleta.

Os histogramas abaixo apresentam as faixas mais freqüentes do potencial redox durante o período de coletas, ao mesmo tempo em que é feita uma comparação entre as duas microbacias. (Figura 6.10).

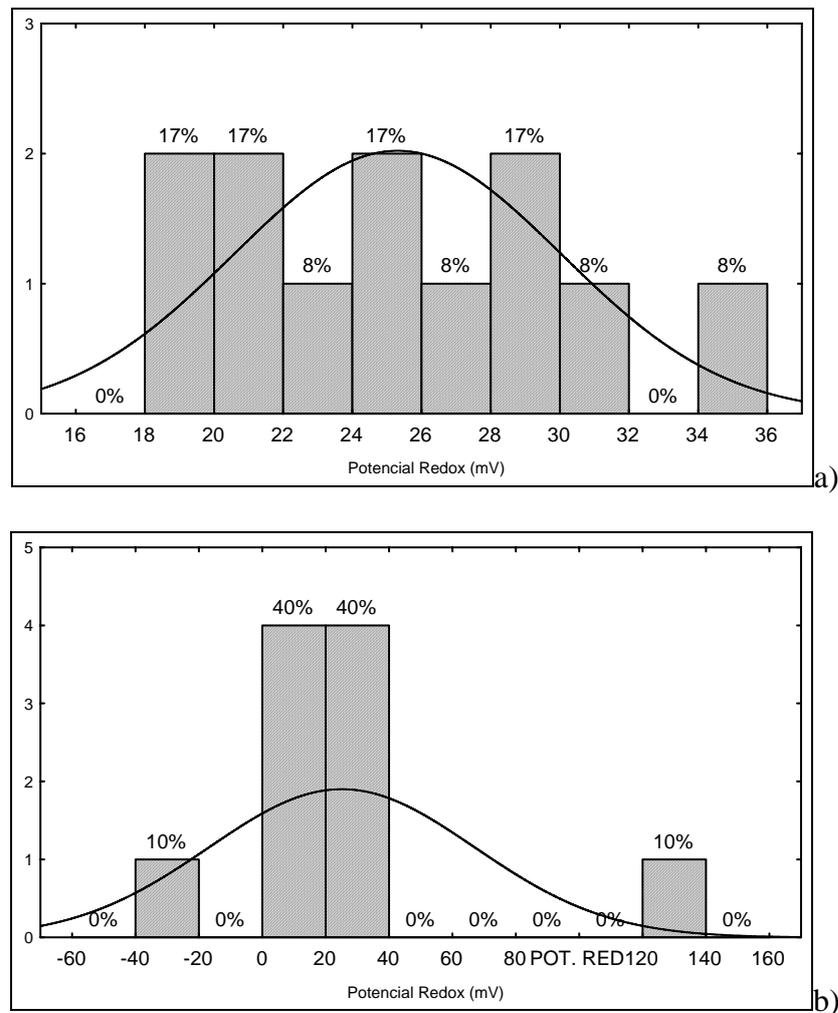
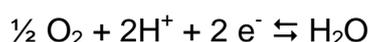


Figura 6.10: Histogramas de freqüência com distribuição das porcentagens (barras verticais) do potencial redox entre os meses amostrados nos pontos: a) microbacia 324 e Volta e b) microbacia Milagres.

Segundo o histograma, em Vv as faixas mais freqüentes do potencial redox foram entre 18 a 22, 24 a 26 e de 28 a 30 mV, somando 68% das observações. No mais os valores de potencial redox ficaram entre 22 a 24, 26 a 28, 30 a 32 e de 34 a 36 mV, resultando em 32% das observações.

Em Mi 80% dos valores de potencial redox ficaram entre 0 a 40 mV, faixa que no primeiro ponto corresponde a 0% de observações. Os outros 20% se distribuíram em barras de 10% na faixa de (-40 a -20 mV) estado redutor e de 120 a 140 mV.

De modo geral, os maiores valores de potencial redox foram registrados na estação seca para os dois pontos de coleta. Em termos espaciais a condutividade exibiu valores mais altos para a microbacia Vai e Volta. Contudo, a comparação espacial, sugere que o potencial redox foi igual entre os pontos. O resultado é provavelmente o efeito do pH sobre o Eh. A cada unidade de pH que se aumenta no ambiente, ha uma elevação de 27 mV no Eh devido à reação (2).



A dissolução e precipitação de diversos elementos químicos em águas naturais são afetadas pelo valor de Eh, tornando possível prever a forma sob a qual determinado elemento (e.g. metais) se encontra no ambiente e se, sobre esta forma, o mesmo se torna disponível para a cadeia alimentar (MARGALEF, 1983).

6.1.6 – Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

As concentrações de sólidos totais dissolvidos variaram entre 0,6 a 180,5 mg/l na microbacia Vai e Volta, com a maior variação de toda a pesquisa (179,9 mg/l). O valor mínimo foi medido em agosto/07 e o máximo em dezembro/06 (Tabela 6.12). Esse resultado sugere a intrínseca ligação entre a química da água e o ciclo hidrológico nas bacias.

Tabela 6.12: Sumário de resultados das análises descritivas da variável sólidos totais dissolvidos determinada *in situ* nas microbacias Vai e Volta e Milagres. Valores em (mg/l), exceto para variância (mg/l²) e coeficiente de variação (%).

		Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Diferença	Variância	Desvio Padrão	Erro Padrão Média	Coeficiente Variação
Sólidos Totais	Vv	29.1	5.6	0.6	180.5	179.9	3182.9	56.4	17.0	194.2
Dissolvidos	Mi	29.0	29.2	25.4	33.6	8.2	11.3	3.4	1.1	11.6

Para Milagres o intervalo foi bem inferior (8,2 mg/l) e as concentrações oscilaram entre mínimo de 25,4 mg/l e máximo de 33,6 mg/l, registradas em novembro/06 e maio/07.

De acordo com os resultados do Teste de Shapiro Wilks, os dados da variável STD não estão normalmente distribuídos em Vv e Mi.

Na figura 6.11 é apresentada uma comparação entre as concentrações de sólidos totais dissolvidos nas duas microbacias:

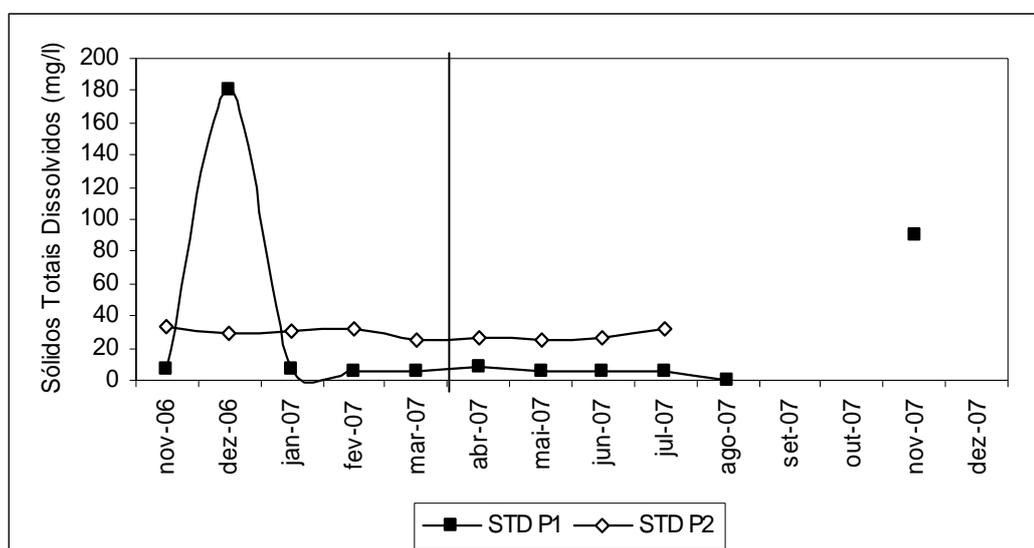


Figura 6.11: Distribuição e comportamento dos sólidos totais dissolvidos nas microbacias Vai e Volta (P1) e Milagres (P2) durante o período de estudo. A linha marca o término da estação chuvosa.

O comportamento da variável STD aparentemente foi distinto entre as duas microbacias. Em Vai e Volta, pela disposição dos valores no gráfico verifica-se que

houveram grandes variações, ao contrário de Milagres que teve suas concentrações oscilando entre 20 e 40 mg STD/l.

No período das chuvas em Vv, houve variação de 174,6 mg/l, com valores entre mínimo de 5,33 mg/l e 180,5 mg/l, registrados em fevereiro/07 e dezembro/06. Em Mi o máximo encontrado foi 33,6 mg/l e o mínimo 25,5 mg/l, medidos nos meses novembro/06 e março/07, respectivamente. A média computada para Vv na estação chuvosa foi 40,8 mg/l e para Mi 30,2 mg/l.

Na estação seca as concentrações de sólidos totais dissolvidos diminuíram nos dois locais de coleta. Vv apresentou concentrações variando entre 0,6 mg/l e 8,08 mg/l, com intervalo entre os dados de 7,48 mg/l. Em Mi os valores oscilaram entre 25,4 mg/l e 32,6 mg/l, apresentado uma diferença semelhante ao primeiro ponto de 7,2 mg/l. As médias de STD na seca foram bem inferiores as do período da chuva. Vv exibiu média de 4,9 mg/l e Mi 27,4 mg/l.

As concentrações de sólidos totais dissolvidos foram baixas nas duas microbacias devido à falta de chuvas, fazendo coerência com as leituras de condutividade elétrica. O elevado valor encontrado em Vai e Volta (180,5 mg STD/l) no mês de dezembro, foi possivelmente influenciado pelas chuvas, referente a maior quantidade de milímetros distribuídos. Neste mesmo mês choveu 419 mm (Figura 4.13), total mensal elevado em relação aos outros meses de estudo.

Objetivando testar a hipótese de haver uma diferença real da variável STD entre as duas microbacias, foi realizado um teste paramétrico de Mann Whitney.

Os resultados apontam haver diferenças espaciais significativas entre as medianas de STD nos dois pontos. (Tabela 6.13).

Tabela 6.13: Resultados do teste de Mann Whitney, para os valores sólidos totais dissolvidos, amostrados nas microbacias Vai e Volta e Milagres.

Teste "U" Mann Whitney	
Soma dos "ranks" Vai e Volta	84
Soma dos "ranks" Milagres	126
p	0,016709
P level	0,016709
Valid N grupo 1	11
Valid N grupo 2	9

A figura 6.12 apresenta as faixas de concentrações de sólidos totais mais freqüentes durante toda pesquisa.

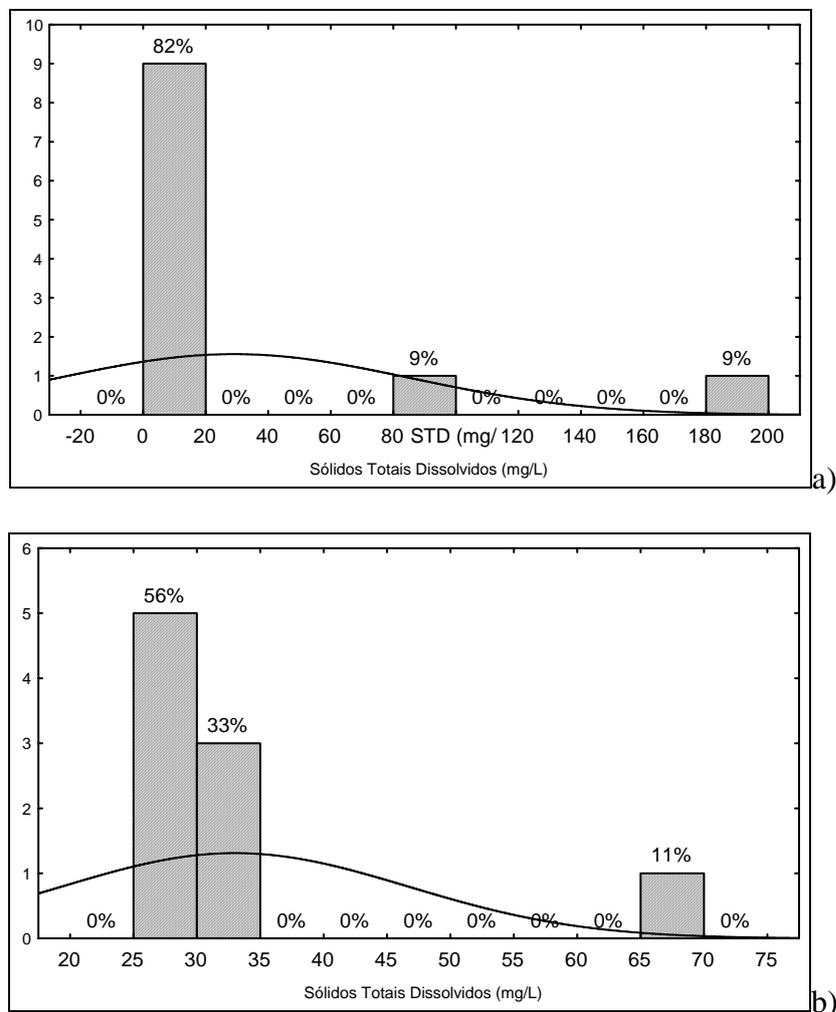


Figura 6.12: Histogramas de freqüência com distribuição das porcentagens (barras verticais) da concentração de sólidos totais dissolvidos entre os meses amostrados nos pontos: a) microbasin Vai e Volta e b) microbasin Milagres.

Segundo os histogramas, 82% das concentrações de STD em Vv se distribuíram na faixa de 0 a 20 mg/l. 18% das concentrações registradas ficaram entre 80 e 100 mg STD/l e de 180 a 200 mg STD/l, divididas em barras de 9%.

As faixas mais freqüentes em Mi estiveram entre valores de 25 a 35 mg STD/l, somando 89% das observações. Essa mesma faixa correspondeu a 0% em Vv, mostrando que as concentrações de STD foram ligeiramente mais altas no segundo ponto.

Analisando as concentrações de sólidos totais dissolvidos, no aspecto espacial, entre as duas microbacias, as maiores concentrações foram observadas em Milagres. Em relação as variações sazonais, as maiores concentrações foram registradas na época de chuva tanto em Vai e Volta, quanto em Milagres.

6.1.7 – Salinidade

A salinidade variável responsável pela medida da quantidade de sais dissolvidos na água, não apresentou grandes variações com média dos valores amostrados de 0,026 ‰ e 0,023 ‰ para Vai e Volta e Milagres, respectivamente.

(Tabela 6.14)

Tabela 6.14: Sumário de resultados das análises descritivas da variável salinidade determinada in situ nas microbacias Vai e Volta e Milagres. Valores em ‰ exceto para variância (‰²) e coeficiente de variação (%).

		Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Diferença	Variância	Desvio Padrão	Erro Padrão Média	Coeficiente Variação
Salinidade	Vv	0.026	0.00	0	0.18	0.18	0.003	0.057	0.017	218.1
	Mi	0.023	0.03	0	0.03	0.03	0.000	0.010	0.003	42.9

Na microbacia Vai e Volta houve valores baixos e nulos. Somente na amostragem de dezembro de 2006 foi coletado um valor mais alto (0,18 ‰), o que

pode ser explicado pela influência de precipitações que ocorreram mais intensamente neste mês.

Em Milagres os valores de salinidade não ultrapassaram 0,03 ‰, mas fizeram-se presente com concentrações em praticamente todos os meses de coleta.

Os resultados do teste de Shapiro Wilks sugerem que a variável salinidade não segue uma distribuição normal em Milagres e Vai e Volta.

Na Figura 6.13 é apresentada uma comparação entre o comportamento e distribuição da salinidade durante os meses de pesquisa.

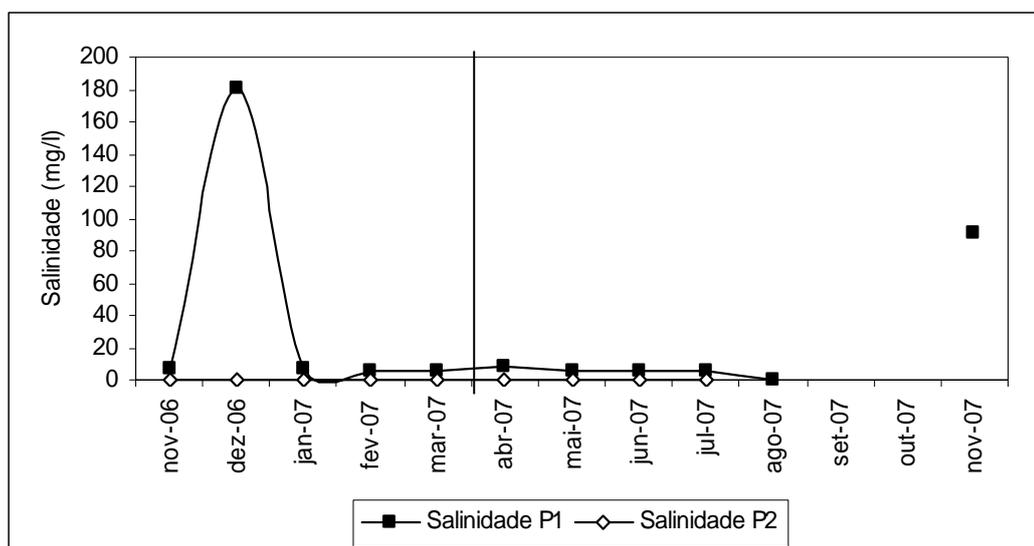


Figura 6.13: Distribuição e comportamento da concentração de salinidade na água das microbacias Vai e Volta (P1) e Milagres (P2) durante o período de estudo. A linha marca o término da estação chuvosa.

Em Vv, na estação chuvosa, foram registradas teores de salinidade nos meses de novembro e dezembro/06, 0,01 e 0,18 ‰, respectivamente. No outros meses desse período a concentração correspondeu a 0,00 ‰. Já em Milagres detectou-se a concentração de salinidade em todos os meses, mas não ultrapassou o valor de 0,03 ‰ registradas entre dezembro/06 a fevereiro/07. As médias de

salinidades computadas na estação chuvosa foram próximas, 0,023 ‰ para Vv e para Mi 0,022 ‰.

Na seca, a microbacia Vv exibiu valores nulos quanto aos teores de salinidade. Somente em abril/07 foi medida uma concentração de 0,01 ‰ em Vv, no restante dos meses dessa estação os valores foram 0,00 ‰. Em Milagres isso não ocorreu: a microbacia continuou apresentando concentrações de salinidade ao valor máximo de 0,03 ‰ registrados nos meses de junho e julho/07. A média em Mi foi 0,025 ‰.

Os sais que são carregados para o meio aquático dependem da rocha de origem, da concentração iônica no solo segundo Tundisi e Tundisi (2008).

Um teste não paramétrico testou a significância das diferenças espaciais em relação à variável salinidade. (Tabela 6.15.).

Tabela 6.15: Resultados do teste de Mann-Whitney, para os valores de salinidade da água, amostrados nas microbacias Vai e Volta e Milagres.

Teste "U" Mann Whitney	
Soma dos "ranks" Vai e Volta	89,5
Soma dos "ranks" Milagres	120,5
p	0,048241
P level	0,039254
Valid N grupo 1	11
Valid N grupo 2	9

O resultado do teste "U" indicou que houve diferenças entre as medianas de salinidade dos dois pontos, ou seja, a variável salinidade foi diferente entre os locais de coleta.

A figura 6.14 mostra a distribuição das faixas mais freqüentes dos teores de salinidade da água expressas em porcentagem de toda pesquisa.

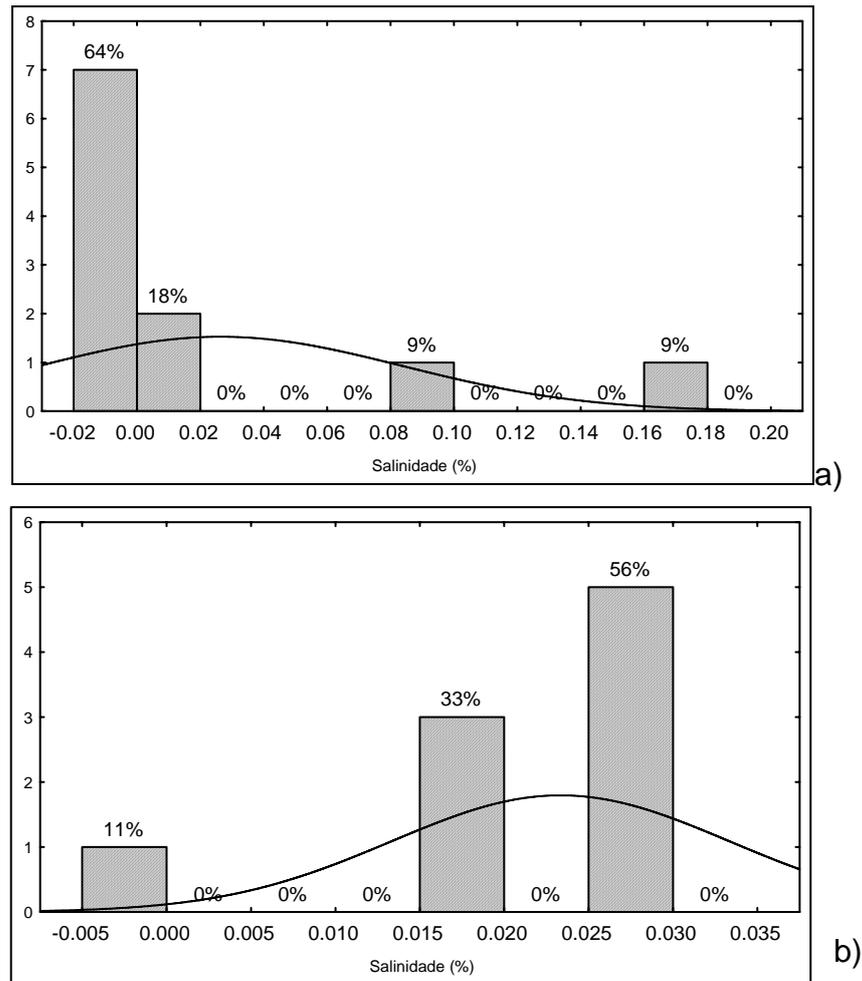


Figura 6.14: Histogramas de frequência com distribuição das porcentagens (barras verticais) do teor de salinidade da água entre os meses amostrados nos pontos: a) microbacia Vai e Volta e b) microbacia Milagres.

Os resultados gráficos sugerem que os teores mais frequentes de salinidade medidos em Vv ficaram entre valores de 0 a 0,02 ‰ somando 82% das observações. O 18% restantes se distribuíram entre faixas correspondentes a 0,08 a 0,10 mg/l e 0,16 a 0,18 mg/l.

Para Milagres as concentrações mais frequentes foram ligeiramente mais altas entre 0,015 a 0,020 mg/l e 0,025 a 0,030 mg/l resultando em 89% dos valores coletados em toda a pesquisa.

Em Vai e Volta foram registradas as maiores concentrações de sais. E em relação ao período de amostragem, as concentrações de sais se apresentaram

maiores na estação chuvosa em Vv, e para a microbacia Milagres, mostrou-se o inverso, essas concentrações se exibiram maiores na seca.

A concentração de sais dissolvidos varia enormemente nas águas continentais, em razão das peculiaridades da hidrogeoquímica regional e das drenagens de rochas ígneas ou sedimentares. (TUNDISI e TUNDISI, 2008). As águas que drenam essas rochas refletem a sua composição e contribuição relativa de íons solúveis que constituem as rochas, geralmente $Mg > Ca > Na > K$, mas varia de região para região. A salinidade para os dois pontos pode ser justificada pela entrada de cátions e ânions pela chuva, e absorção, translocação e deposição de matéria orgânica pelas árvores. O valor relevante encontrado na estação chuvosa em Vai e Volta pode ter sido influenciada pelas chuvas que contribuíram com sais para os corpos d'água através da drenagem dessas áreas e do escoamento superficial.

Os baixos valores de STD e salinidade sugerem a natureza desmineralizada das águas estudadas, i.e., águas com poucas espécies químicas dissolvidas iônicas. A maior parte dos elementos químicos se encontra ligada à matéria orgânica, não estando, portanto, disponível para algas e outros fotótrofos aquáticos.

6.2 – Composição química da água

A estatística descritiva dos resultados das análises de todas as amostragens da composição química da coluna d'água, para os córregos das microbacias florestais, é mostrada nas tabelas 6.16 e 6.17, enquanto uma descrição detalhada das variações espaciais destes resultados é encontrada no texto seguinte.

Tabela 6.16: Estatística descritiva dos resultados das análises de nutrientes na coluna d'água do córrego da microbacia Vai e Volta. s: desvio padrão; cv: coeficiente de variação. Os valores marcados com “*” foram estatisticamente diferentes ($p > 0,05$) entre as microbacias.

	unidade	média	mediana	mínimo	máximo	variação	s	cv (%)
N_NO ₂	mg/L	0.012			0.012			
N_NO ₃	mg/L	0.241	0.212	0.064	0.390	0.326	0.123	51.1
N_NH ₄	mg/L	0.033	0.025*	0.008	0.086	0.078	0.028	84.0
NOD	mg/L	0.021	0.001	0.000	0.102	0.102	0.038	178.5
NOP	mg/L	1.979	2.065*	0.348	2.730	2.382	0.595	30.0
N_total	mg/L	2.265	2.388*	0.736	3.046	2.311	0.600	26.5
K total	mg/L	1.984	2.270	1.190	2.373	1.183	0.500	25.2
Na total	mg/L	1.125	1.142	1.040	1.176	0.136	0.061	5.4
Ca total	mg/L	0.029	0.021*	0.000	0.108	0.108	0.035	119.6
Mg total	mg/L	0.057	0.053*	0.031	0.106	0.075	0.022	38.4
Zn total	mg/L	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
Cu total	mg/L	0.001	0.001	0.000	0.0024	0.002	0.001	92.0
Fe total	mg/L	0.052	0.006	0.000	0.457	0.457	0.125	239.6
Mn total	mg/L	0.005	0.002*	0.000	0.021	0.021	0.006	138.6

Tabela 6.17: Estatística descritiva dos resultados das análises de nutrientes na coluna d'água do córrego da microbacia Milagres. s: desvio padrão; cv: coeficiente de variação. Os valores marcados com “*” foram estatisticamente diferentes ($p > 0,05$) entre as microbacias.

	unidade	média	mediana	mínimo	máximo	variação	s	cv (%)
N_NO ₂	mg/L				0.0167			
N_NO ₃	mg/L	0.2060	0.2011	0.0867	0.3598	0.2731	0.1021	49.5
N_NH ₄	mg/L	0.2204	0.2007*	0.0537	0.3717	0.3179	0.1095	49.7
NOD	mg/L	0.0223	0.0107	0.0015	0.0573	0.0558	0.0216	97.0
NOP	mg/L	2.5746	2.7271*	0.3724	3.6293	3.2568	0.9765	37.9
N_total	mg/L	3.0232	3.3243*	0.6519	4.1981	3.5462	1.0597	35.1
K total	mg/L	1.756	1.801	0.858	3.068	2.210	0.832	47.4
Na total	mg/L	1.819	1.858	1.619	1.943	0.324	0.142	7.8
Ca total	mg/L	2.844	2.727*	1.660	4.964	3.304	1.240	43.6
Mg total	mg/L	3.371	3.324*	2.499	4.778	2.279	0.879	26.1
Zn total	mg/L	0.004	0.000	0.000	0.033	0.033	0.012	282.8
Cu total	mg/L	0.002	0.00034	0.000	0.017	0.017	0.006	233.6
Fe total	mg/L	1.103	0.013	0.000	8.620	8.620	3.037	275.3
Mn total	mg/L	0.102	0.103*	0.003	0.327	0.324	0.103	100.7

6.2.1 – Nutrientes totais e dissolvidos

6.2.1.1 – Nitrito (NO₂⁻)

Apenas em duas das coletas, durante a estação seca de 2007, as concentrações de nitrito estiveram acima do limite de detecção do método utilizado (0,011 mg/l): em julho/07, na microbacia Vai e Volta, quando a concentração foi igual a 0,012 mg/L; e na microbacia Milagres, apresentando 0,017 mg/l.

A quase total ausência de nitrito nas águas deve-se à presença de oxigênio, o qual possibilita a oxidação desse a nitrato. (ESTEVES, 1998).

6.2.1.2 – Nitrato (NO₃⁻)

Em todas as amostragens, as concentrações de nitrato sempre estiveram acima do limite de detecção do método adotado (0,011 mg/L), variando entre 0,064

e 0,390 mg/l, amostrados em Vai e Volta. A variação entre os dois valores extremos foi 0,326 mg/L.

Na microbacia Milagres, as concentrações analisadas oscilaram entre máximo (0,360) e mínimo 0,087 mg/l, correspondendo a de variação de 0,273 mg/l.

O teste de normalidade (Shapiro Wilks) foi aplicado, e os resultados mostraram que concentrações de nitrato, não estão normalmente distribuídas para Vai e Volta. Em Milagres, os dados seguem uma distribuição normal. As medianas calculadas durante o período de estudo foram 0,212 mg/l e 0,201 mg/l, para Vv e Mi, respectivamente.

Na figura 6.15 é apresentada uma comparação entre as distribuições das concentrações de nitrato entre as microbacias.

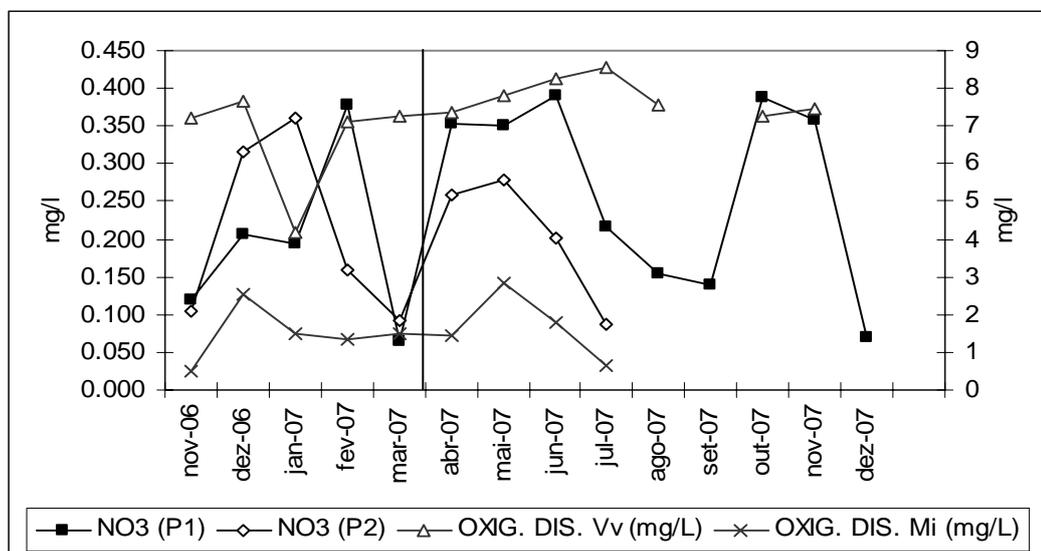


Figura 6.15: Distribuição e comportamento da concentração de nitrato na água das microbacias durante o período de estudo. Vai e Volta (P1) e Milagres (P2) correlacionadas com oxigênio dissolvido. A linha marca o término da estação chuvosa.

As concentrações de NO_3^- medidas durante o período chuvoso 2006/2007 em Vv, variaram entre 0,064 e 0,378 mg/l, observados em março e fevereiro/2007, respectivamente, correspondendo a um intervalo de 0,314 mg/l.

Em Mi, neste mesmo período as observações ficaram entre mínimo (0,093 mg/l) e máximo (0,360 mg/l), registrados também nos meses anteriormente citados, exibindo uma variação de 0,267 mg/l, levemente inferior a calculada para Vv.

Para a estação seca, as concentrações de NO_3^- observadas, exibiram 0,390 mg/l em junho e 0,14 mg/l em setembro/07, coletadas em Vai e Volta, resultando numa variação de 0,25 mg/l.

Os respectivos valores máximos e mínimos verificados para Mi, foram os seguintes: 0,278 e 0,09 mg/l, amostrados nos meses de maio e julho/07. O intervalo calculado para esses dados foi de 0,188 mg/l.

As médias computadas na estação seca foram maiores que na estação chuvosa. Nas chuvas, a média para Vv e Mi, foram respectivamente, 0,192 e 0,206 mg/l. Nessa mesma ordem, no período que compreende as chuvas, as médias foram 0,267 e 0,206 mg/l.

A distribuição de nitratos apresenta evidências de ser fortemente influenciada pela atividade de bactérias nitrificantes e desnitrificantes, atuando ao mesmo tempo na coluna d'água. (SABARÁ, 1994).

Objetivando testar a hipótese de haver uma diferença real da concentração de nitrato entre as duas microbacias, foi realizado um teste não-paramétrico - Teste Mann Whitney.

Tabela 6.18: Resultados do teste de Mann-Whitney, para as concentrações de nitrato da água, amostrados nas microbacias Vai e Volta e Milagres

Teste "U" - Mann Whitney	
Soma de "ranks" Vai e Volta	179
Soma de "ranks" Milagres	97
p	0.48835546
p-level	0.48835546
Valid N grupo 1	29
Valid N grupo 2	20

Os resultados sugerem que não houve diferenças significativas dos níveis de nitrato entre as duas microbacias.

A distribuição das concentrações mais frequentes de nitrato em Vai e Volta e Milagres, durante a pesquisa é mostrada na figura 6.16.

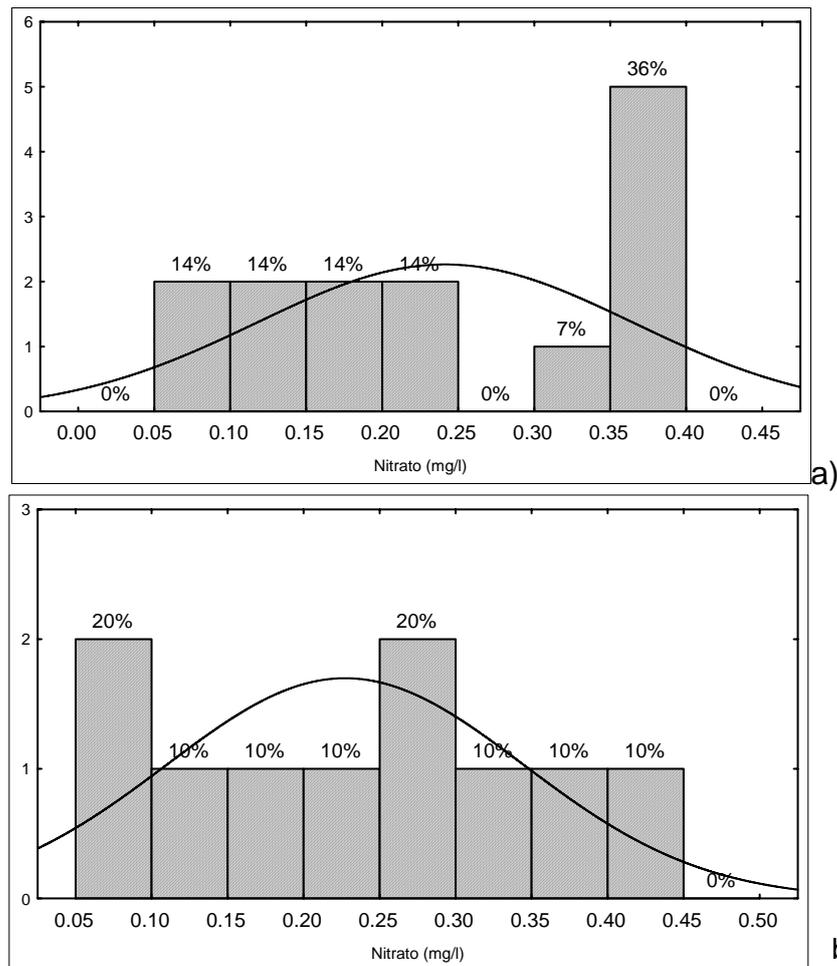


Figura 6.16: Histogramas de freqüência com distribuição das porcentagens (barras verticais) das concentrações de nitrato da água entre os meses amostrados nos pontos: a) microbacia Vai e Volta e b) microbacia Milagres.

A faixa mais freqüente (36% das observações) para a concentração de nitrato em Vv foi entre 0,35 e 0,40 mg/l. Essa mesma faixa para o segundo ponto correspondeu somente a 10% das observações. Cinquenta e seis por cento (56%) das observações se distribuíram em faixas de concentrações entre 0,005 a 0,25 mg/l e somente 7% das observações exibiram valores de 0,30 a 0,35 mg/l.

Em Mi as concentrações se distribuíram em barras de 20% com valores de 0,05 a 0,10 mg/l e 0,25 a 0,30 mg/l, somando 40% das observações. No restante, 60% das concentrações ficaram entre os seguintes valores: 0,10 a 0,25 mg/l e de 0,30 a 0,45 mg/l.

A avaliação sazonal das concentrações de nitrato sugere que as mesmas foram mais elevadas na seca, entre os meses amostrados e, comparando-se entre as microbacias estudadas, as águas do córrego de Vai e Volta apresentaram maiores concentrações, mas, especialmente, as concentrações de nitrato foram iguais entre os pontos.

A tendência usual nas águas oxigenadas, é que o nitrato se torne a forma predominante de nitrogênio inorgânico em rios de menor ordem. Como esse é uma das formas finais nos processos de nitrificação e desnitrificação, este íon tem naturalmente maior concentração em ambientes oxigenados e não poluídos. (SCHAFER, 1985).

Comparando os resultados da concentração média de nitrato obtidas neste trabalho (0,241 e 0,206 mg/l) com pesquisas relacionadas: (0,1-0,5 mg/l) analisado por Câmara (2004) em florestas plantadas por Eucalyptus em Itatinga, SP; (0,8 mg/l), pesquisado por Mosca (2003), em microbacias plantadas por Eucalyptus grandis no município de Bofete, SP e (0,19 mg/l) e o pesquisado por Barbosa *et al.*, (2004) em áreas florestais com Eucalyptus grandis, na região do médio rio Doce,

MG, verifica-se que os resultados estão dentro da faixa de resultados obtidos para águas em áreas de Eucalyptus no sudeste do Brasil.

6.2.1.3 – Amônia (NH₄)

As concentrações de amônia no córrego florestal da microbacia Vai e Volta, apresentou variação de 0,078 mg/l. O máximo valor (0,086 mg/l) foi amostrado em maio/07 e o mínimo (0,008 mg/l) medido no mês de novembro/06.

Em Milagres, as concentrações foram aparentemente superiores, oscilando entre 0,3717 e 0,0537 mg/l, registrados nos meses de dezembro/06 e janeiro/07, respectivamente, correspondendo a um intervalo entre os dados de 0,3179 mg/l.

O valor máximo da concentração do íon amônio para todas as amostragens (5,543 mg/l), foi 692 vezes superior ao valor mínimo (0,008 mg/l) verificados na microbacia Milagres (coleta extra de maio/2008) e em Vv, nas chuvas do mês de novembro/2006, respectivamente.

Os resultados do teste de normalidade indicam que as concentrações de amônia seguem uma distribuição normal, apenas em Milagres. As medianas durante o meses de amostragem foram, para Vv 0,025 mg/l e Mi 0,2007 mg/l.

Como procedido anteriormente, o comportamento das concentrações de amônia entre as microbacias pode ser visto na figura 6.17.

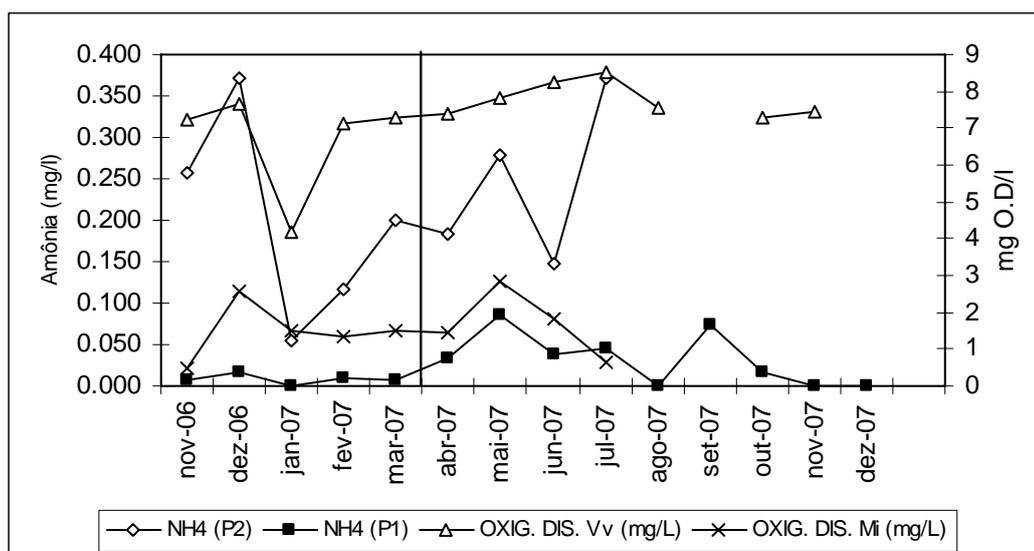


Figura 6.17: Distribuição e comportamento da concentração de amônia na água das microbacias durante o período de estudo. Vai e Volta (P1) e Milagres (P2) correlacionadas com oxigênio dissolvido. A linha marca o término da estação chuvosa.

Aparentemente as concentrações de amônia foram superiores em Mi. Na estação chuvosa as concentrações variaram entre 0,372 e 0,054 mg/l, registrados em dezembro/06 e janeiro/07. A diferença entre os valores citados foi de 0,318 mg/l, muito superior a encontrada para Vv (0,008 mg/l), cujos máximos e mínimos medidos para essa microbacia de 0,016 e 0,008 mg/l, observados entre novembro e dezembro/06.

Para a estação seca, as concentrações continuaram maiores em Mi. Em julho/07 registrou-se o maior valor dessa estação (0,371 mg/l) e no mês de junho/07 o mínimo (0,148 mg/l), gerando uma variação de 0,223 mg/l contra apenas 0,07 mg/l calculada para Vv, que apresentou concentrações entre 0,086 e 0,016 mg/l nos meses de maio e outubro/07, respectivamente.

As médias calculadas foram significativamente maiores para Mi. Na estação seca Vv apresentou 0,055 mg/l e Mi, 0,2455 mg/l. Nas chuvas as médias foram as seguintes: 0,0105 mg/l para Vv e novamente superior (0,2004 mg/l) em Mi.

A grande variabilidade nas concentrações de NH_4^+ , particularmente nas bacias florestais, sugere algum tipo de influência do manejo florestal e/ou ecossistemas ripários sobre esta variável. Para os córregos florestais, como citado em Sabará (1999), a decomposição do litter no solo e na água é provavelmente a maior fonte de íons NH_4^+ , uma vez que a adubação nitrogenada não é utilizada nos plantios de Eucalyptus grandis, devido à ausência de resposta, por parte das árvores (A. S. FABRES, comunicação pessoal).

Outra fonte de NH_4^+ para a água é a precipitação úmida, notadamente em áreas poluídas, onde há grande queima de carvão mineral e outros combustíveis fósseis, liberando nitrogênio para a atmosfera. Além dos NO_x , a siderurgia, presente em significativa parte da região estudada, produz grandes quantidades de NH_3 para a atmosfera. Reações eletroquímicas podem transformar esses compostos em NH_4^+ (BAIRD, 2002).

Os resultados da análise não-paramétrica de Mann Whitney (Tabela 6.19) indicam que houve diferenças significativas da concentração de amônia entre as duas microbacias.

Tabela 6.19: Resultados do teste de Mann-Whitney, para as concentrações de nitrato da água, amostrados nas microbacias Vai e Volta e Milagres

Teste "U" - Mann Whitney	
Soma de "ranks" Vai e Volta	77
Soma de "ranks" Milagres	133
p	0.003447
p-level	0.003435
Valid N grupo 1	11
Valid N grupo 2	9

A seguir, são mostrados histogramas com a distribuição das concentrações de amônia em Vai e Volta e Milagres, ao longo da pesquisa.

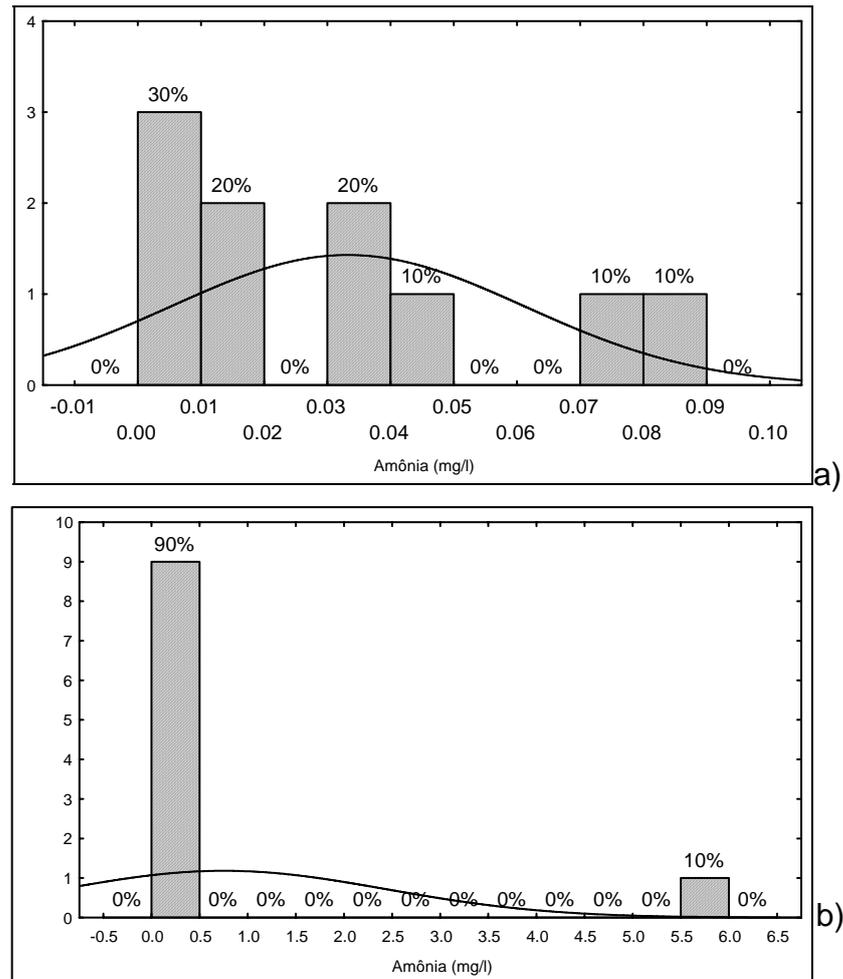


Figura 6.18: Histogramas de freqüência com distribuição das porcentagens (barras verticais) das concentrações de amônia da água entre os meses amostrados nos pontos: a) microbacia Vai e Volta e b) microbacia Milagres.

Em Vv as concentrações mais freqüentes ficaram entre valores de 0,00 a 0,01 mg/l, sendo 30% das observações. As concentrações foram mais inferiores nesta microbacia sendo que 40% das observações se dividiram em faixas de 0,01-0,02 e 0,03-0,04 mg/l. O restante estava concentrado em barras de 10%, somando os 30% restantes, entre valores de (0,04-0,05); (0,07-0,08) e (0,08-0,09) mg/l.

O resultado mais expressivo em Mi foi que 90% das observações foram entre concentrações de 0,0 a 0,5 mg/l, faixa superior que não aparece na escala de concentrações para Vv. Os 10% restante ficaram entre 5.5 a 6.0 mg/l, correspondente a 1 observação, que ocorreu na coleta extra de maio/2008.

As maiores concentrações de amônia foram verificadas na microbacia Milagres. Os maiores valores foram medidos durante a estação seca, para as duas microbacias.

A superioridade de NH_4^+ sobre o NO_3^- na fração inorgânica do nitrogênio total, observado para o córrego de Milagres, não é freqüente, pois, em águas oxigenadas o nitrato é a forma predominante. Porém, significativas quantidades de NH_4^+ , podem ser encontradas onde há decomposição de matéria orgânica ou a concentração de oxigênio na água subterrânea da zona ciliar, é baixa. (OMERNICK, 1977; GIBSON, 1985, STEINMANN & PARKER; 1990; MULHOLLAND, 1992; ROSEMOND., 1994; NOVDIN *et al.*, 1995; LIKENS & BORMANN; 1996; CATTANEO, 1996; HORNBECK *et al.*, 1997; STOREY & COWLEY; 1997). Isso pode estar ocorrendo na microbacia Milagres, já que no primeiro ponto o nitrato é forma predominante.

A fonte de NH_4^+ nos córregos florestais, não foi determinada, porém outros estudos, indicam que uréia e outros fertilizantes nitrogenados são a principal fonte de NH_4^+ em ambientes de menor ordem, impactados por agricultura e pecuária segundo (NEWBOLD, *et al.*, 1983; EMMET *et al.*, 1993; DELONG & BRUSVEN, 1993), citado em Sabará (1999).

6.2.1.4 – Nitrogênio orgânico dissolvido (NOD)

As concentrações de nitrogênio orgânico dissolvido foram baixas durante o período do estudo para as duas microbacias florestais, apresentando valores nulos.

Em Vv as concentrações registradas não ultrapassaram 0,102 mg/l observado nos meses de outubro e novembro/2007.

Para Mi a concentração máxima atingida ocorreu em maio/07 com valor de 0,0573 mg/l.

O teste de Shapiro Wilks aplicado para testar a normalidade dos dados, indicou que a distribuição do NOD é normal para Milagres. Na microbacia Vai e Volta os dados de NOD não seguem uma distribuição normal. As medianas obtidas foram: 0,001 mg/l em Vv e 0,0223 mg/l para Mi.

Na figura 6.19, é mostrada a distribuição das concentrações de NOD durante o período de estudo entre os dois pontos e um detalhamento das mesmas nos períodos de seca e chuva, segue discutido no texto.

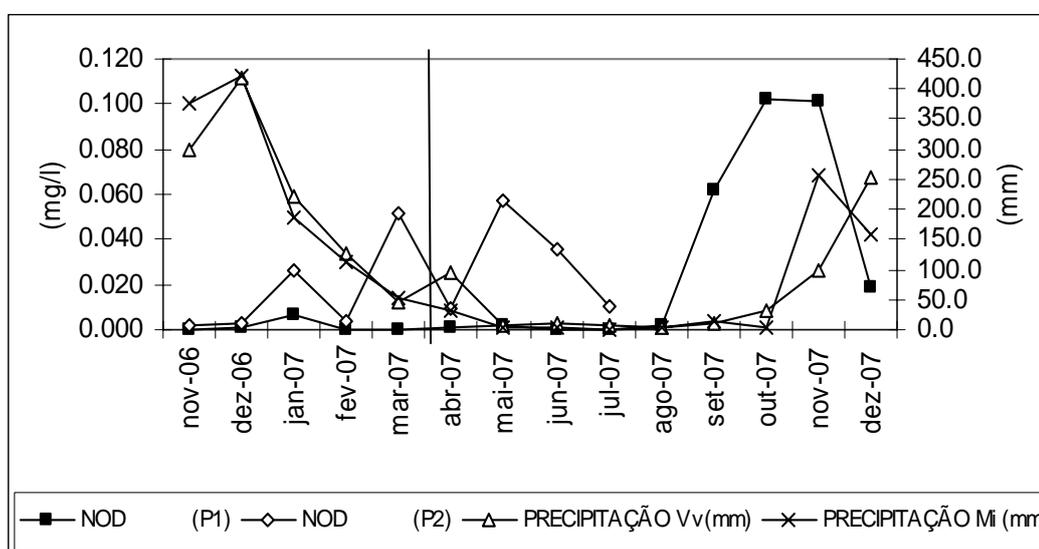


Figura 6.19: Distribuição e comportamento da concentração de NOD na água das microbacias durante o período de estudo. Vai e Volta (P1) e Milagres (P2) correlacionadas com a precipitação. A linha marca o término da estação chuvosa.

Na estação chuvosa, as concentrações de NOD exibiram concentrações nulas nos meses novembro/06, fevereiro e março/07, em Vv. O mais alto valor medido foi 0,006 mg/l em janeiro de 2007. A média neste período foi 0,0014 mg/l. Em Mi a variação calculada foi 0,051 mg/l, com concentrações que variaram entre 0,001mg/l (novembro/06) e 0,052 mg/l máximo observado em março/07. A média foi levemente mais alta, 0,0174 mg/l.

Durante a estação seca não foi muito diferente, as concentrações se apresentaram baixas e o máximo não passou de 0,002 mg/l no mês de maio/07, em

Vv. Já para Mi, no mesmo mês verificou um valor de 0,057 mg/l, o máximo encontrado para essa estação. O mínimo amostrado foi 0,010 mg/l em abril e a variação entre os dados foi de 0,047mg/l. As médias calculadas na estação seca foram as seguintes: para Vv, 0,01116 mg/l e em Mi, 0,0285 mg/l.

Os resultados da comparação não paramétrica de Mann Whitney é mostrado na tabela 6.20, e os resultados sugerem que entre os dois pontos, não houve diferenças da concentração de NOD entre Vv e Mi.

Tabela 6.20: Resultados do teste de Mann-Whitney, para as concentrações de nitrogênio orgânico dissolvido, amostrados nas microbacias Vai e Volta e Milagres

Teste "U" - Mann Whitney	
Soma de "ranks" Vai e Volta	142
Soma de "ranks" Milagres	134
p	0.101464
p-level	0.101126
Valid N grupo 1	14
Valid N grupo 2	9

Os histogramas abaixo apresentam as faixas mais freqüentes da concentração de NOD durante o período de coletas, ao mesmo tempo em que é feita uma comparação entre as duas microbacias.

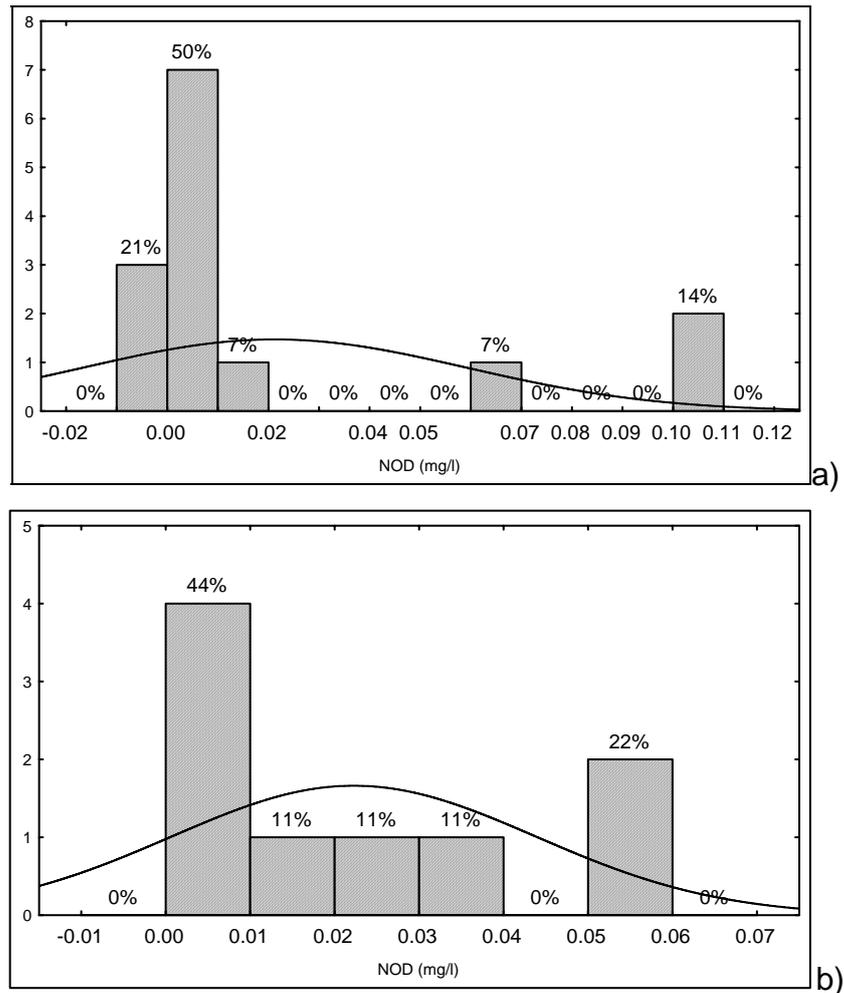


Figura 6.20: Histogramas de freqüência com distribuição das porcentagens (barras verticais) das concentrações de nitrogênio orgânico dissolvido na água entre os meses amostrados nos pontos: a) microbacia Vai e Volta e b) microbacia Milagres.

O NOD se distribuiu da seguinte forma em Vv: 50% das concentrações variaram entre 0,00 a 0,01 mg/l, 21% foram concentrações nulas e 28% das observações compreenderam valores entre 0,01 a 0,02; 0,06 a 0,07 e de 0,10 a 0,11 mg/l.

Em Mi, a faixa mais freqüente foi entre 0,00 a 0,01 mg/l representado 44% das observações. Essa mesma faixa em Vv compreendeu 50% das medições. Concentrações nas faixas de 0,05 a 0,06 mg/l somaram 22% das observações e 33% das concentrações restantes se dividiram em barras de 11% cada nas seguintes faixas: (0,01 a 0,02); (0,02 a 0,03) e (0,03 a 0,04) mg/l.

As concentrações de NOD analisadas foram levemente superiores para Milagres, e em termos sazonais, a concentração dessa forma de N se mostrou superior na estação seca nas duas microbacias. Contudo, estatisticamente a concentração de NOD é igual entre as bacias.

A relação entre NOD e as precipitações possui relação direta: a inconstância da vazão pode justificar as baixas concentrações de NOD na água, pois com a ocorrência das chuvas o N pode ser arrastado.

Segundo Bonilla (2005), o nitrogênio orgânico dissolvido é uma das principais formas de perda nitrogênio em solução dos ecossistemas, talvez esse fato justifique as baixas concentrações medidas deste elemento.

6.2.1.5 – Nitrogênio orgânico particulado (NOP)

Os córregos florestais apresentaram concentrações de NOP entre 0,155 e 2,730 mg/l. Na microbacia Vai e Volta registrou-se valores entre 0,348 e 2,730 mg/l resultando em uma variação de 2,382 mg/l. Essas concentrações foram observadas nos meses de fevereiro e julho/07, épocas de chuva e seca, respectivamente.

A variação para Mi foi superior (3,257 mg/l), referente aos valores máximo de 3,629 mg/l ocorrido em julho/07 e mínimo de 0,372 mg/l observado em fevereiro/07.

A normalidade foi testada, e os resultados apontaram que os dados estão normalmente distribuídos somente em Milagres, Vai e Volta segue uma distribuição não paramétrica. As seguintes medianas foram obtidas durante a pesquisa: 2,065 mg/l para Vv e 2,727 mg/l para Mi.

Uma distribuição e comparação das concentrações de nitrogênio orgânico particulado entre os dois pontos são mostradas na figura 6.21.

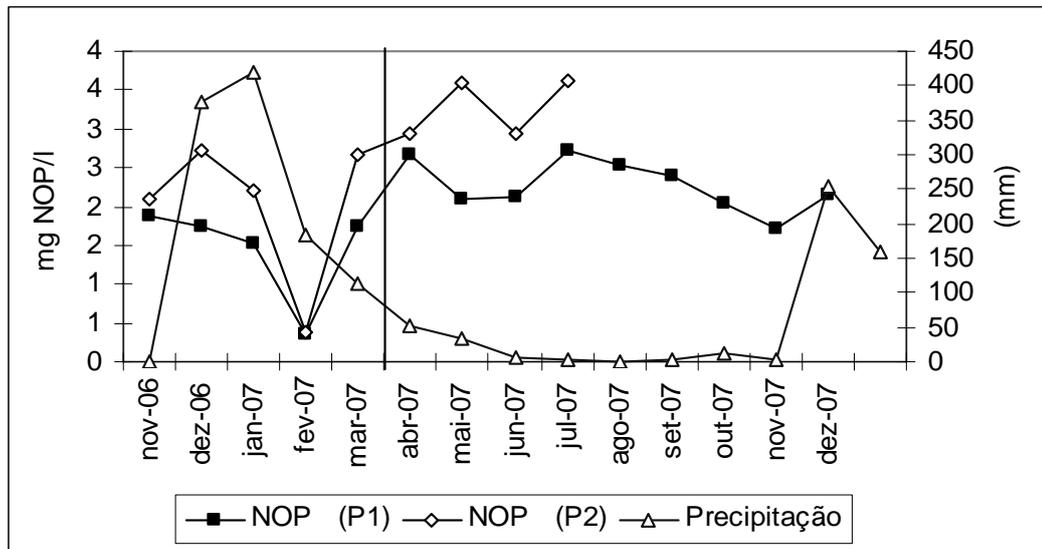


Figura 6.21: Distribuição e comportamento da concentração de NOP na água das microbacias durante o período de estudo. Vai e Volta (P1) e Milagres (P2) correlacionado com a precipitação. A linha marca o término da estação chuvosa.

Os resultados gráficos sugerem que existe uma relação intrínseca entre o NOP e as precipitações, ou seja, quanto maior a vazão, menor será a concentração de NOP, pois este é carregado pela água.

No período das chuvas, na microbacia Vai e Volta, as concentrações máxima e mínima foram 1,890 e 0,348 mg/l, verificados em dezembro/06 e fevereiro/07, respectivamente. Em Milagres, as concentrações ficaram entre 0,372 e 2,727 mg/l, exibindo variação de 2,355 mg/l contra 1,542 mg/l calculada para o primeiro ponto.

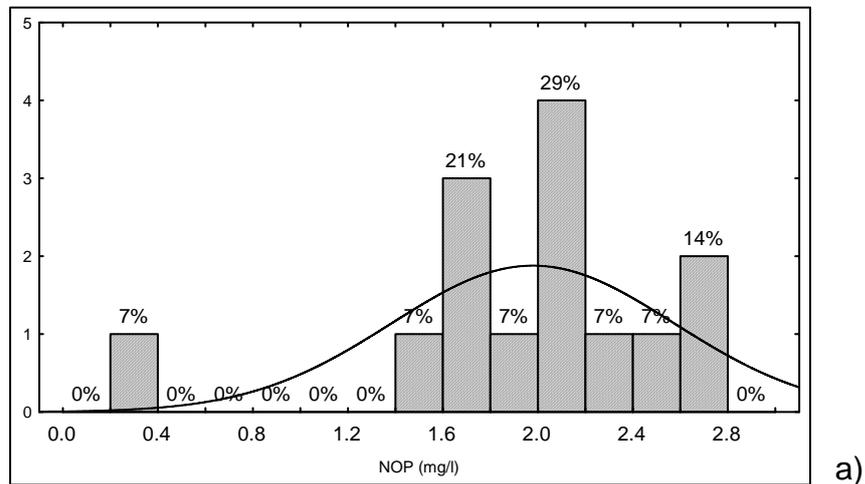
No período seco, em Vv, a variação entre as concentrações extremas foi menor (0,632 mg/l), correspondente ao mínimo de 2,098 mg/l (maio/07) e ao máximo de 2,730 mg/l (julho/07). Neste mesmo período Mi apresentou máximo de 3,629 mg/l (julho/07) e mínimo de 2,930 mg/l (abril/07) resultando em uma variação de 0,699mg/l.

Os resultados oriundos do teste de Mann Whitney (Tabela 6.21), indicaram que entre os dois pontos, houve diferenças significativas das concentrações de nitrogênio orgânico particulado, isto é, as concentrações de NOP são distintas para os córregos das duas microbacias florestais.

Tabela 6.21: Resultados do teste de Mann-Whitney, para as concentrações de nitrogênio orgânico particulado da água, amostrados nas microbacias Vai e Volta e Milagres.

Teste "U" - Mann Whitney	
Soma de "ranks" Vai e Volta	130
Soma de "ranks" Milagres	146
p	0.016682
p-level	0.016682
Valid N grupo 1	14
Valid N grupo 2	9

A figura 6.22 mostra a distribuição das concentrações NOP mais freqüentes em Vai e Volta e Milagres, durante a pesquisa



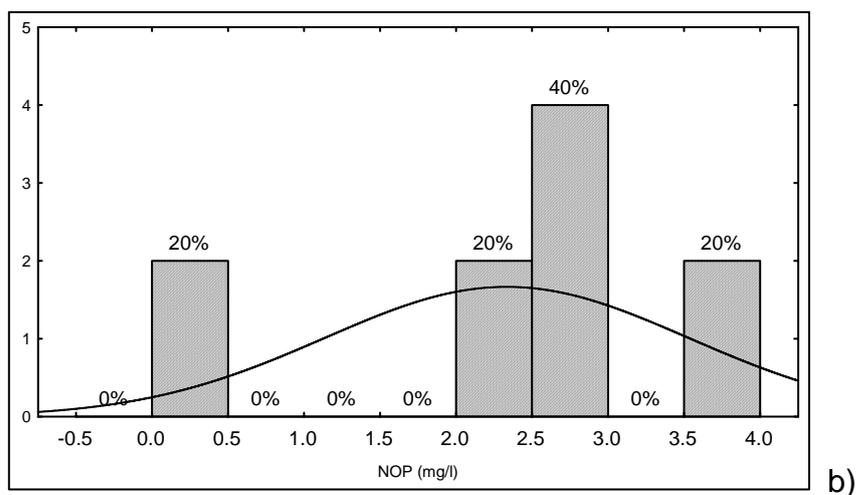


Figura 6.22: Histogramas de frequência com distribuição das porcentagens (barras verticais) das concentrações de nitrogênio orgânico particulado na água entre os meses amostrados nos pontos: a) microbacia Vai e Volta e b) microbacia Milagres.

As concentrações mais freqüentes observadas em Vv foram: de 1,6 a 1,8 mg/l correspondendo a 21% das medições e de 2,0 a 2,2 mg/l representando 29% das observações. As concentrações entre 2,6 a 2,8 mg/l somaram 14% das observações. Os 35% restantes se distribuíram em faixas entre (0,2 a 0,4mg/l); (1,4 a 1,6 mg/l); (1,8 a 2,0 mg/l);(2,2 a 2,4 mg/l) e (2,6 a 2,8 mg/l).

Para Mi as distribuições foram mais concentradas. Os valores mais freqüentes ficaram entre 2,5 a 3,0 mg/l, sendo 40% das observações. O restante, 60 % das observações variaram entre 0,0 a 0,5 mg/l; 2,0 a 2,5 mg/l e de 3,5 a 4,0 mg/l.

Pôde-se verificar que as variações foram maiores na estação chuvosa, mas as médias das concentrações foram superiores na estação da seca. As médias computadas foram as seguintes: na estação chuvosa para Vv (1,454 mg/l) e para Mi (2,017 mg/l) e na estação seca para Vv (2,421 mg/l) e em Mi (3,270 mg/l).

Em termos espaciais, a concentração de nitrogênio orgânico particulado foi diferente para as duas microbacias.

MacDonald *et al.* (1991), sugere que grande parte do nitrogênio total - assim como para os demais nutrientes - está sob forma particulada, e deste modo, mantém uma correlação positiva com a concentração de sólidos em suspensão (SS). Para os córregos aqui estudados, isso é verdadeiro, pois o nitrogênio particulado foi a forma orgânica predominante entre as duas bacias.

6.2.1.6 – Nitrogênio total

A variação global na concentração de nitrogênio foi de 3,546 mg/l, resultado da diferença entre o valor máximo amostrado em Mi (4,198 mg/l) e o valor mínimo (0,652 mg/l) observado também em Mi, nos meses de maio e fevereiro de 2007. Nesse mesmo ponto, registrou-se uma concentração de 6,117 mg/l, na coleta ocorrida no mês de maio/2008.

Em Vv as concentrações oscilaram entre 3,046 e 0,736 mg/l, medidos em abril e fevereiro/08, resultando numa variação de 2,311 mg/l.

Os resultados do teste de Shapiro Wilks (normalidade) indicaram que a variável nitrogênio total segue distribuição normal nas bacias estudadas. As médias computadas desta variável entre os meses de duração da pesquisa foram as seguintes: 2,265 mg/l em Vv e 3,023 mg/l para Mi.

O comportamento das concentrações de nitrogênio total entre as microbacias é mostrado na figura 6.23.

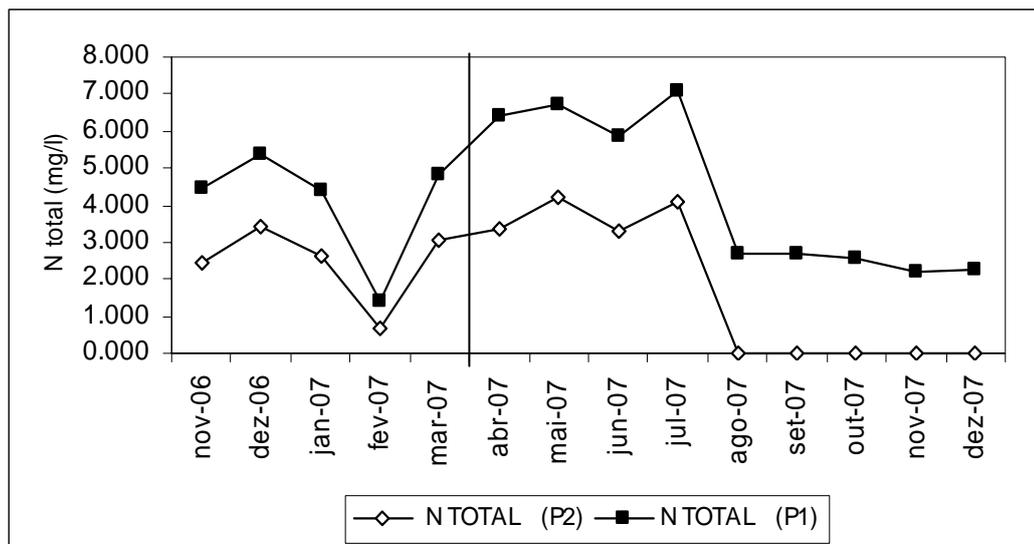


Figura 6.23: Distribuição e comportamento da concentração de nitrogênio total na água das microbacias durante o período de estudo. Vai e Volta (P1) e Milagres (P2). A linha marca o término da estação chuvosa.

Na estação chuvosa, as concentrações de nitrogênio total em Vv apresentaram valores de 0,736 a 2,017 mg/l, medidos em fevereiro/07 e dezembro/06, resultando em uma variação de 1,281 mg/l. Para Mi, a variação foi maior, 2,765 mg/l que corresponde a diferença entre 3,417 e 0,652 mg/l, registrados em dezembro/06 e fevereiro/07.

A chegada da estação seca, aparentemente, elevou as concentrações de nitrogênio nos pontos. Vai e Volta apresentou intervalo de 0,51 mg/l entre valores extremos de 3,046 e 2,536 mg/l, concentrações referentes coletas realizadas nos meses de abril e maio/07. Nesta estação Milagres exibiu altas concentrações: 4,198 e 3,324 mg/l, medidos entre os meses maio e junho/07, com variação de 0,874.

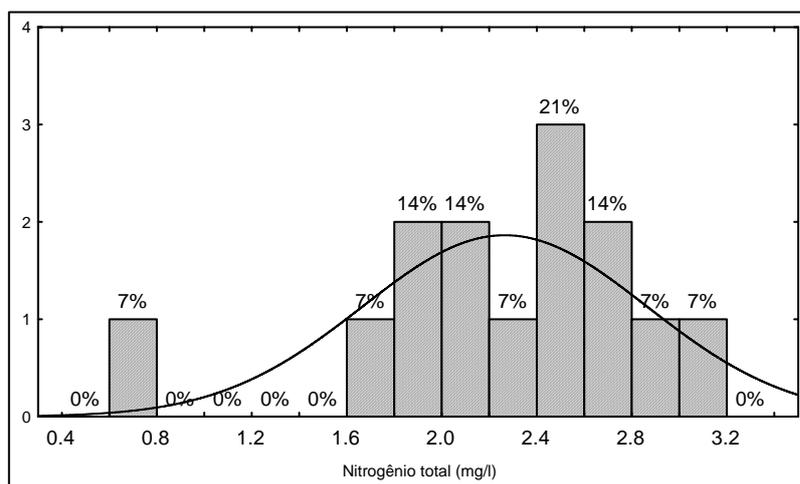
As variações foram menores na estação seca para os dois pontos, porém as médias nesta estação foram elevadas comparadas as chuvas nas duas microbacias. Em Vv as médias calculadas foram: durante as chuvas, 1,656 mg/l e para estação seca, 2,745 mg/l. Para Milagres: na estação chuvosa, 2,441 mg/l e na seca, 3,750 mg/l.

Testando a hipótese de haver diferenças da concentração de nitrogênio total entre os pontos, os resultados da estatística não paramétrica de Mann Whitney apontaram que houve diferenças da variável entre as microbacias. (Tabela 6.22).

Tabela 6.22: Resultados do teste de Mann-Whitney, para as concentrações de nitrogênio total, amostrados nas microbacias Vai e Volta e Milagres.

Teste "U" - Mann Whitney	
Soma de "ranks" Vai e Volta	131
Soma de "ranks" Milagres	145
p	0.019771
p-level	0.019771
Valid N grupo 1	14
Valid N grupo 2	9

Os histogramas (Figura 6.24) mostram a distribuição das concentrações de nitrogênio total durante toda pesquisa e um detalhamento deste nas estações seca e chuvosa é dada no texto.



a)

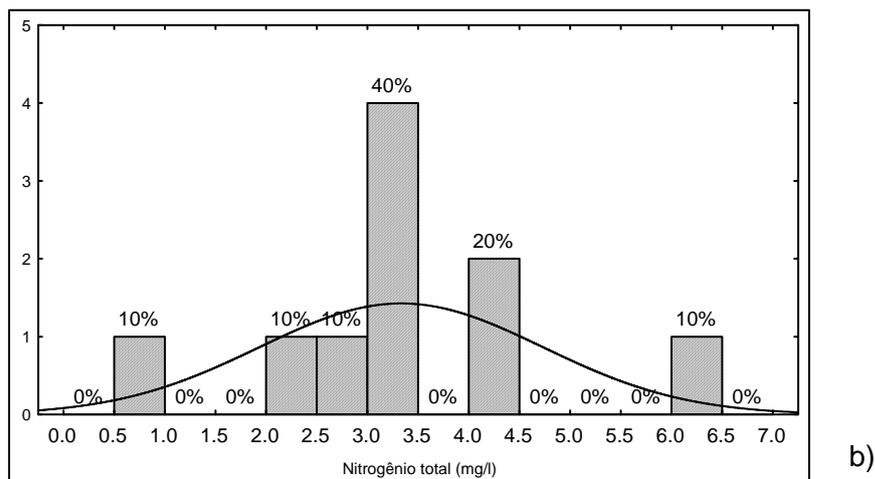


Figura 6.24: Histogramas de frequência com distribuição das porcentagens (barras verticais) das concentrações de nitrogênio orgânico particulado na água entre os meses amostrados nos pontos: a) microbacia Vai e Volta e b) microbacia Milagres.

As concentrações mais freqüentes em Vv foram valores entre 2,4 e 2,6 mg/l, referente a 21% das medições, que se correlaciona com a mediana calculada (2,388 mg/l). Quarenta e dois por cento (42%) das concentrações, distribuídas em barras de 14%, ficaram entre (1,8 a 2,0 mg/l), (2,0 a 2,2 mg/l) e (2,6 a 2,8 mg/l). As observações entre valores de (0,6 a 0,8 mg/l), (1,6 a 1,8 mg/l), (2,2 a 2,4 mg/l) e de (2,6 a 2,8 mg/l) somaram 28% das medições.

O resultado mais expressivo foi que 40% das observações foram entre valores de 3,0 a 3,5 mg/l, resultado que mantém relação direta com a mediana obtida (3,3243 mg/l). Nessa mesma faixa para o primeiro ponto, a freqüência de concentrações foi somente 7%. Concentrações entre 4,0 e 4,5 mg/l, representaram 20% das observações e faixas entre (0,5 a 1,0 mg/l), (2,0 a 3,0 mg/l) e de (6,0 a 6,5 mg/l), compondo 40% dos valores medidos.

De acordo com os resultados obtidos, as duas microbacias são diferentes em relação a concentração de nitrogênio total. Sazonalmente, as variações ocorridas

foram maiores durante as chuvas, todavia as concentrações se apresentaram superiores na estação da seca.

De modo geral, como citado em Bonilla (2005), apesar de existir poucos estudos desenvolvidos sobre a dinâmica de N em florestas tropicais, sabe-se que a vegetação das margens dos rios exerce um papel fundamental na eliminação deste através do processo de desnitrificação. (MACDOWELL *et al.*, 1992; MAC CLAM *et al.*, 1994 e WILEANS *et al.*, 1997).

6.2.1.7 – Nutriente limitante

O conceito de nutriente limitante é baseado na “Lei do Mínimo” proposta por Liebig, a qual estabelece que a produção de um organismo é determinada pela abundância da substância que estiver presente no ambiente em menor quantidade relativa a sua necessidade. (WETZEL, 1993).

Lamparelli (2004), questiona que apesar de existirem diversos trabalhos que comprovam a aplicabilidade de tal princípio, deve-se considerar algumas questões que interferem na sua aplicação, uma vez que, diferentemente do pressuposto da proposta teórica da Lei do Mínimo, na prática os nutrientes podem atuar como limitantes concomitantemente, alternando suas concentrações no meio.

Apesar da controvérsia sobre a influência da razão N:P na estrutura da comunidade fitoplanctônica e na determinação de nutrientes limitantes, esse conceito é de grande utilidade, pois se constitui numa ferramenta para o monitoramento de nutrientes nos corpos d'água.

Ainda segundo esse autor, a definição de nutriente limitante só seria aplicável na época de desenvolvimento excessivo de algas, no entanto, seus próprios dados compilados, demonstram que em regiões tropicais ou sub-tropicais, como as do

estado de SP, apesar de haver uma predominância no período mais quente (entre agosto e janeiro), estes ocorrem em qualquer época do ano. Comparativamente com as microbacias aqui estudadas, em uma delas, as algas se fizeram presentes em todos os meses do ano, obviamente que ocorreu proliferações em um dado mês.

Além disso, esse conceito de nutriente limitante baseia-se no princípio de que todo nutriente é absorvido pelas algas e imediatamente utilizado, já que quando esgotado ou em baixas concentrações, impede o crescimento do fitoplâncton.

Para o cálculo da razão de N : P, utilizamos a razão de Redfield (16N : 1P), que determina a proporção de nutrientes.

Calculou-se a média geral, das concentrações de nitrogênio e fósforo, e procedeu-se aos cálculos das razões.

As concentrações mensais de fósforo foram analisadas pela CENIBRA.

Os resultados encontrados para Vai e Volta foram os seguintes: a razão de N foi 0,141 mg/l e para o fósforo, 0,049 mg/l, ou seja, nessa microbacia o nutriente limitante foi o fósforo. A presença de algas, nesse ponto, foi observada constantemente no ano da pesquisa.

Para a microbacia Milagres, os resultados obtidos são: 0,188 mg/l pela razão de N e 0,030 mg/l pelo P, isto é, o córrego desta microbacia estava limitado por fósforo também. Nesse ponto, a presença de algas não ocorreu durante todo ano, sendo constatadas somente em dezembro/06 e janeiro/07 e o córrego desse ponto, passou a ser intermitente em agosto/07 e permaneceu nessa condição até o fim da pesquisa.

6.2.1.8 Clorofila a

A Tabela 6.23 mostra os resultados da estatística descritiva para a variável clorofila.

Tabela 6.23: Sumário de resultados das análises descritivas da variável clorofila a determinada in vitro nas microbacias Vai e Volta e Milagres. Valores em ($\mu\text{g/l}$), exceto para variância ($\mu\text{g/l}^2$) e coeficiente de variação (%).

		Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Diferença	Variância	Desvio Padrão	Erro Padrão Média	Coeficiente Variação
Clorofila <u>a</u>	Vv	0,250	0,1625	0,0462	0,6358	0,5896	0,0468	0,2163	0,0578	86,52
	Mi	0,245	0,1446	0,0478	0,6539	0,6061	0,0485	0,2202	0,0734	89,87

A clorofila a analisada apresentou variação de 0,5896 $\mu\text{g/l}$ com valores que oscilaram entre 0,0462 $\mu\text{g/l}$ e 0,6358 $\mu\text{g/l}$. O mínimo desta, foi medido no mês de março e o máximo em junho, para Vv. Na microbacia Milagres a variação ocorreu entre 0,0478 $\mu\text{g/l}$ e 0,6539 $\mu\text{g/l}$, resultando em uma diferença de 0,6061 $\mu\text{g/l}$. Esses valores foram observados nos mesmos meses anteriores citados em Vv.

Os dados referentes à clorofila a, não estão normalmente distribuídos nas duas microbacias, de acordo com o teste de Shapiro Wilks.

O comportamento da clorofila pode ser visto na figura 6.25.

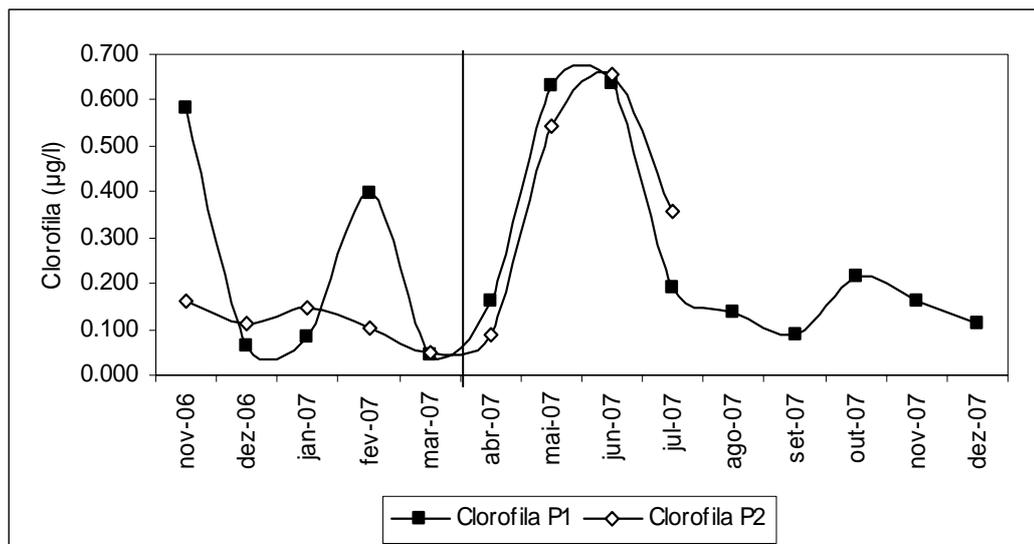


Figura 6.25: Distribuição e comportamento clorofila *a* nas microbacias Vai e Volta (P1) e Milagres (P2) durante o período de estudo. A linha marca o término da estação chuvosa.

Durante as chuvas, em Vai e Volta, em março/07 e novembro/06 foram registrados, respectivamente, 0,0462 µg/l e 0,5819 µg/l, gerando uma variação entre os dados de 0,5357. Para Mi, nestes mesmos meses também foram registrados o mínimo e máximo para a clorofila, 0,048 µg/l e 0,163 µg/l, resultando numa variação de 0,115 µg/l.

O advento da seca elevou as concentrações nos dois pontos: em Vv as concentrações extremistas foram 0,08635 µg/l e 0,6358 µg/l, medidos em setembro e junho, apresentando variação de 0,549 µg/l. Para o segundo ponto, a variação foi ligeiramente superior (0,567 µg/l), exibindo valores máximos e mínimos de 0,654 e 0,087 µg/l, neste mesmo período.

Os resultados obtidos através do teste não paramétrico, sugerem que não ocorreu diferenças significativas entre as medianas das concentrações de clorofila, entre Vv e Mi. Os resultados são apresentados na tabela 6.24.

Tabela 6.24: Resultados do teste de Mann-Whitney, para as concentrações de clorofila a , amostrados nas microbacias Vai e Volta e Milagres.

Teste "U" - Mann Whitney	
Soma de "ranks" Vai e Volta	169.5
Soma de "ranks" Milagres	106.5
p	0.92472
p-level	0.924701
Valid N grupo 1	14
Valid N grupo 2	9

Os histogramas apresentados na figura 6.26, mostram a freqüência de distribuição dos valores de clorofila, ao mesmo tempo em que uma comparação é feita entre os dois pontos.

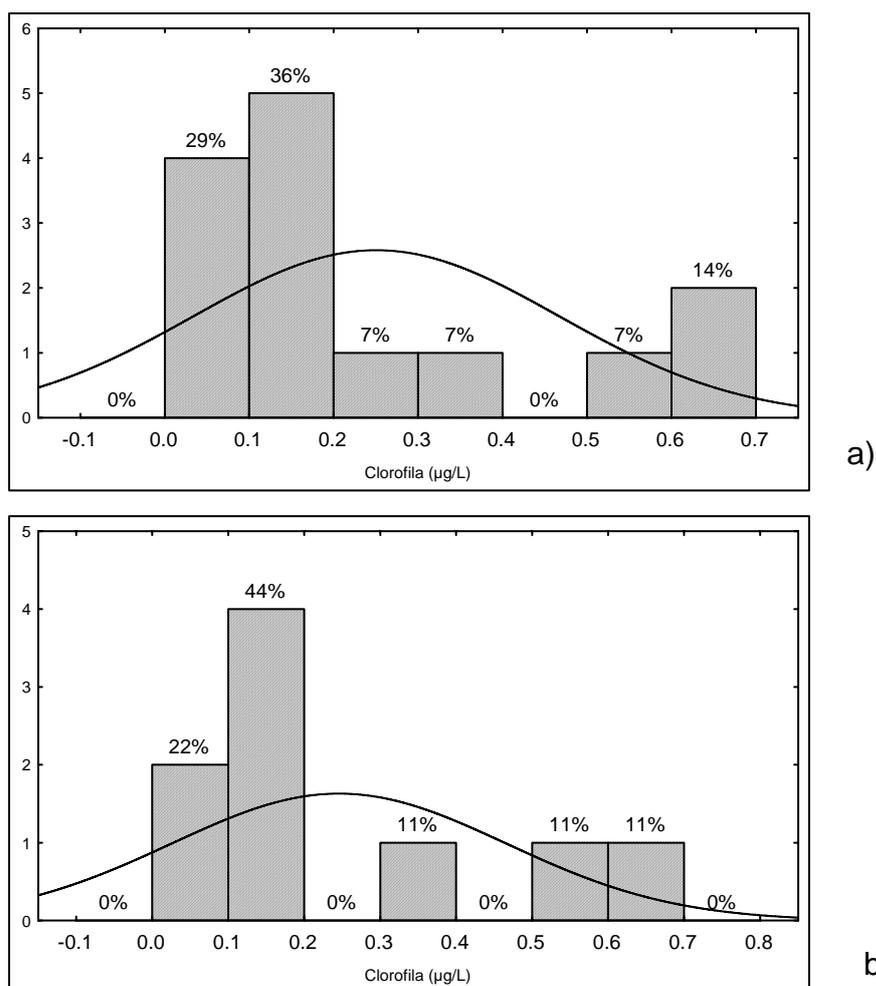


Figura 6.26: Histogramas de freqüência com distribuição das porcentagens (barras verticais) da clorofila a entre os meses amostrados nos pontos: a) microbacia Vai e Volta e b) microbacia Milagres.

Os valores de clorofila em Vv, se distribuíram mais freqüentemente entre concentrações de 0,0 a 0,2 $\mu\text{g/l}$, somando a maior porcentagem, 65%. Nessa mesma faixa, Mi também apresentou as maiores concentrações, 66%. O restante das concentrações de clorofila, em Vv ficaram entre 0,2 a 0,4 $\mu\text{g/l}$ e de 0,5 a 0,7 $\mu\text{g/l}$, totalizando os 35% restantes. Em Mi, os 33% remanescentes, exibiram valores entre 0,3 a 0,4 $\mu\text{g/l}$ e de 0,5 a 0,7 $\mu\text{g/l}$.

A concentração de clorofila a, durante a pesquisa foi levemente superior em Vai e Volta, apesar de ser considerada, estatisticamente, semelhante entre os pontos. Do ponto de vista temporal, as variações entre as concentrações e as medianas, exibiram-se superiores no período de seca, observado para as duas microbacias.

As medianas das concentrações de clorofila a durante o período de pesquisa foram as seguintes: 0,1625 mg/l para Vv e 0,1448 mg/l para Mi.

Para Allan (1995), o fitoplâncton em ecossistemas lóticos de menor ordem é principalmente formado por células de algas perifíticas lavadas pelo fluxo da água, não se constituindo em verdadeiro "potamoplâncton". Desse modo, as concentrações de clorofila medidas, podem indicar se a vazão tinha ou não capacidade de lavar o perifiton, especialmente durante a estação de crescimento, na época seca. Entretanto, mesmo células isoladas de algas, podem continuar com suas funções vitais, realizando fotossíntese, fixando N_2 dissolvido na água e absorvendo N nas formas inorgânicas de nitrato e amônia. Influenciando, assim, as concentrações de NOP e N inorgânico.

6.2.1.9 Sólidos Suspensos

A variação nas concentrações de sólidos em suspensão foi de 55,0 mg/l em Vv, correspondentes aos valores mínimos e máximos, 3,0 e 58,0 mg/l, referentes aos meses junho e novembro/07 e em Mi essa variação foi 5 vezes maior (323,0 mg/l). As concentrações medidas para Mi, foram 19 e 342,0 mg/l, nos meses junho/07 e maio/08, coleta extra realizada no segundo ponto. (Tabela 6.25).

Tabela 6.25: Sumário de resultados das análises descritivas da variável sólidos suspensos determinada in vitro nas microbacias Vai e Volta e Milagres. Valores em (mg/l), exceto para variância (mg/l^2) e coeficiente de variação (%).

		Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Diferença	Variância	Desvio Padrão	Erro Padrão Média	Coefficiente Variação
Sólidos Suspensos	Vv	18,57	15	3	58	55	208,263	14,431	3,8569	77,71
	Mi	58,1	26	19	342	323	9980,989	99,9049	31,5927	171,9

Os resultados do teste de Shapiro Wilks indicaram que a variável sólidos suspensos não segue distribuição normal nas bacias estudadas. As medianas computadas desta variável entre os meses de duração da pesquisa foram as seguintes: 15 mg/l em Vv e 26 mg/l para Mi.

O comportamento da concentração de sólidos suspensos, bem como sua distribuição sazonal, é exibida na figura 6.27.

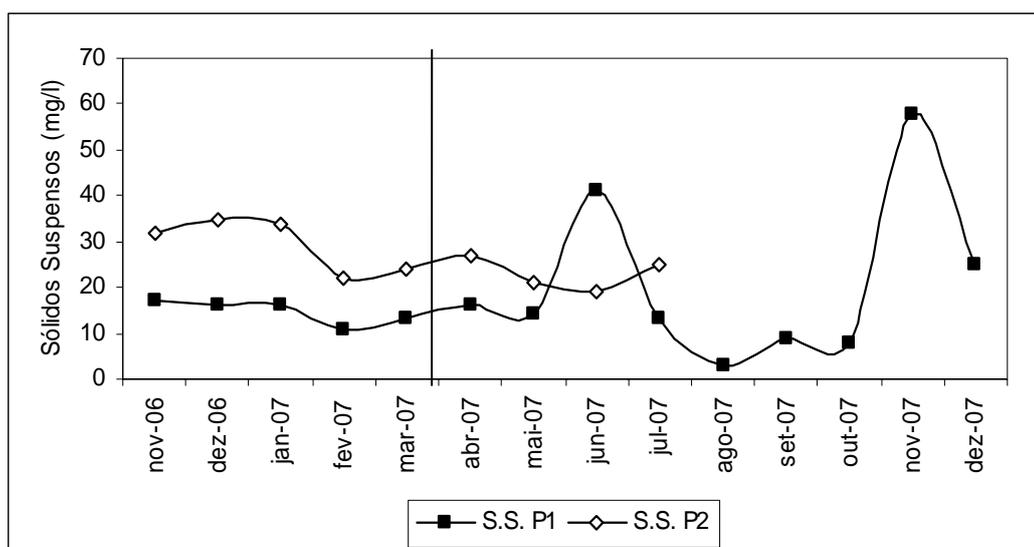


Figura 6.27: Distribuição e comportamento de sólidos suspensos nas microbacias Vai e Volta (P1) e Milagres (P2) durante o período de estudo. A linha a marca o término da estação chuvosa.

De acordo com os resultados gráficos, a concentração de SS não apresentou grandes variações sazonais nas bacias florestais.

Nas chuvas a variação em Vv foi de apenas 6,0 mg/l, referentes aos valores 17,0 mg/l (novembro/06) e 11,0 mg/l (fevereiro/07). A média de SS nessa estação para Vv foi 14,6 mg/l. Em Milagres, nesse período, a variação foi de 13,0 mg/l correspondentes ao máximo de 35,0 mg/l, medido em dezembro/06 e 22,0 mg/l, mínimo obtido em fevereiro/07. A média nessa microbacia foi de 29,4 mg/l.

Com a aproximação da estação seca as concentrações de SS aparentemente aumentaram nas bacias. Em Vv, a variação nesta estação foi de 38,0 mg/l, com valores oscilando entre 3,0 e 41,0 mg/l, observados nos meses de agosto e junho de 2007. Em Mi a diferença (8,0 mg/l) entre a concentração máxima (27,0 mg/l) e mínima (19 mg/l), medidas em junho e abril do ano de 2007. As médias nessa estação para Vv foi 16,0 mg/l e 23,0 mg/l calculada para Milagres.

Os resultados da comparação não paramétrica indicam que a concentração de SS para as duas microbacias não são diferentes. (Tabela 6.26).

Tabela 6.26: Resultados do teste de Mann-Whitney, para as concentrações de sólidos suspensos, amostrados nas microbacias Vai e Volta e Milagres.

Teste "U" - Mann Whitney	
Soma de "ranks" Vai e Volta	127.5
Soma de "ranks" Milagres	172.5
p	0.005417
p-level	0.005357
Valid N grupo 1	13
Valid N grupo 2	10

Os histogramas apresentados na figura 6.28 mostram as faixas mais freqüentes de concentração de SS durante a pesquisa.

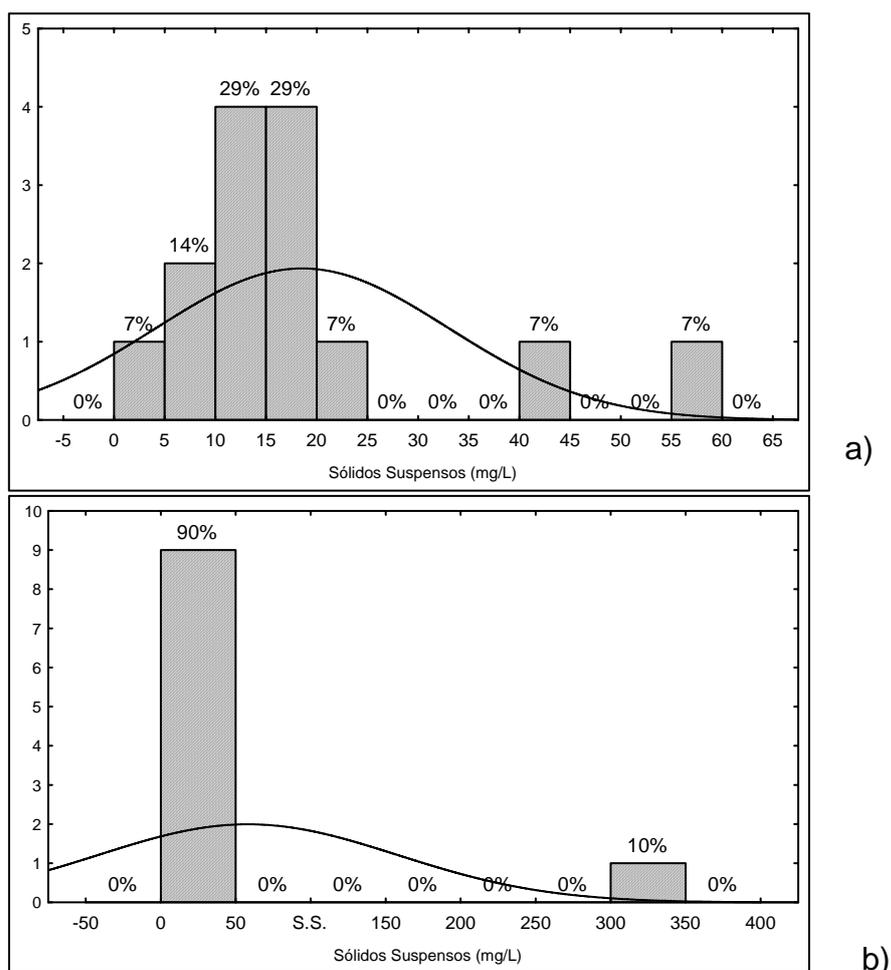


Figura 6.28: Histogramas de freqüência com distribuição das porcentagens (barras verticais) de sólidos suspensos entre os meses amostrados nos pontos: a) microbacia Vai e Volta e b) microbacia Milagres.

Noventa por cento das concentrações de sólidos suspensos estavam entre 0 e 50 mg/l na microbacia Milagres e apenas 10% correspondeu a concentrações entre 300 a 350 mg/l, referente a 1 observação, a qual foi coletada em maio/08.

Em Vv, as faixas mais freqüentes da concentração de SS foram entre: 10 a 15 mg/l e 15 a 20 mg/l, somando 58% das observações. Concentrações entre 0 a 5 mg/l, 20 a 25 mg/l, 40 a 45 mg/l e 55 a 60 mg/l, totalizaram 28% das medições e 14% da concentração estava entre 5 e 10 mg/l.

As concentrações de sólidos suspensos se mostraram superiores em Milagres, conforme as médias calculadas. Sazonalmente, as médias foram maiores na estação da seca para Vv e nas chuvas para Milagres.

O material em suspensão tem papel importante em estudos de ecossistemas aquáticos, sendo, em alguns casos, o maior responsável pela regulação e limitação da penetração de luz, podendo inferir na concentração de oxigênio e na condutividade elétrica. (BARRETO, 1999) descrito segundo Peres (2002).

Um aumento nas concentrações de SS é provavelmente o mais significativo efeito ecológico das atividades florestais sobre água superficial, sendo que grande parte do material arrastado até o curso d'água provém da rede de estradas, durante a fase de crescimento dos plantios, e durante a fase de exploração, esta carga se soma à erosão provocada pela exposição do solo (MACDONALD *et al.*, 1991).

Como as bacias amostradas não estavam nas fases de plantio ou exploração e as estradas não existem no interior das mesmas, os valores de SS provavelmente, se devem à deposição e carreamento de litter das formações florestais ciliares. Em relação ao pico de SS registrado em julho no córrego de Vai e Volta, deve-se, possivelmente a perda de folhas pela floresta semi-caducifólia.

6.2.1.10 - Turbidez

O sumário de resultados das análises descritivas da variável turbidez da água é apresentado na tabela 6.27.

Tabela 6.27: Sumário de resultados descritivos da variável turbidez determinada in vitro nas microbacias Vai e Volta e Milagres. Valores em (NTU), exceto para variância (NTU²) e coeficiente de variação (%).

		Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Diferença	Variância	Desvio Padrão	Erro Padrão Média	Coeficiente Variação
Turbidez	Vv	5,32	5,82	0,647	11,00	10,353	12,223	3,496	0,9696	65,71
	Mi	15,31	11,64	8,412	38,8	30,387	96,367	9,816	3,272	64,11

A turbidez em Vai e Volta variou entre 0,647 e 11,0 NTU, obtidos nos meses janeiro/08 e novembro/06, resultando numa diferença de 10,353 NTU. Para Milagres a turbidez foi maior, apresentando variação entre os dados de 30,387 NTU, correspondentes aos valores entre 8,412 e 38,8 NTU, coletados em novembro/06 e maio/08, estações chuvosa e seca, respectivamente.

O teste de normalidade para esta variável mostrou que a os dados de turbidez estão normalmente distribuídos em Vv. Já em Milagres essa variável não segue uma distribuição normal.

Para efeito de uma comparação do comportamento e distribuição da turbidez entre as microbacias, a figura 6.29 é apresentada abaixo.

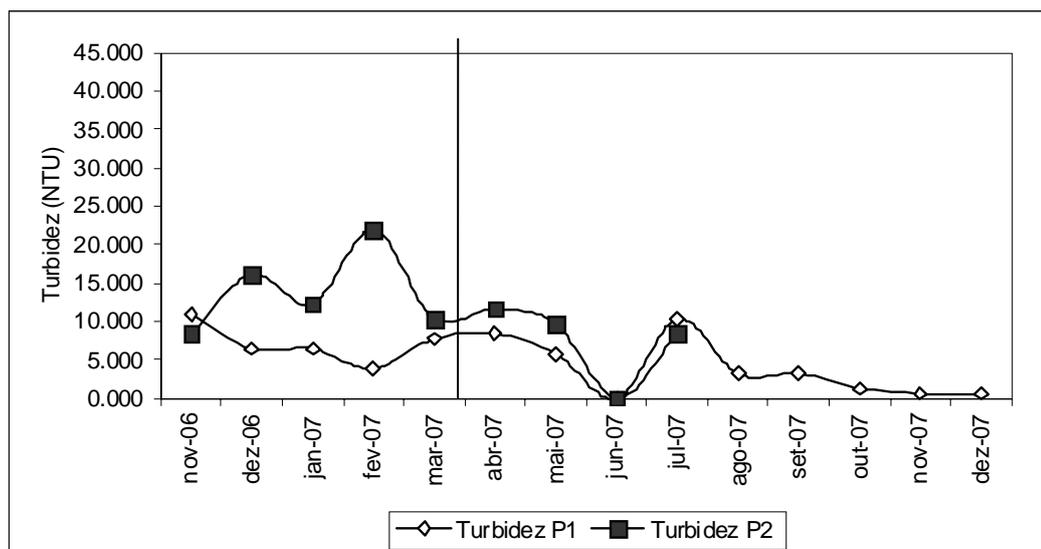


Figura 6.29: Distribuição e comportamento da turbidez nas microbacias Vai e Volta (P1) e Milagres (P2) durante o período de estudo. A linha marca o término da estação chuvosa.

Durante as chuvas, em Vv, o maior valor observado ocorreu em novembro de 2006 (11 NTU) e o menor (3,882 NTU) foi observado em fevereiro/2007. A diferença obtida entre esses valores foi de 7,118 NTU, inferior ao calculado para Mi (13,6 NTU), correspondentes a diferença entre 22 e 8,4 NTU, medidos nos meses de fevereiro/07 e novembro/06.

Na estação seca, Vv apresentou os valores de turbidez foram 10,353 NTU e 3,235 NTU, com uma variação de 7,118 NTU. O valor mínimo foi observado nos meses de agosto e setembro e o máximo em julho. Em Mi a turbidez oscilou entre 8,4 e 11,6 NTU, exibindo uma variação de 3,2 NTU.

As variações da turbidez em Vv foram iguais nos períodos de seca e chuva. Em Milagres as concentrações máximas aumentaram na estação seca e no balanço geral, a turbidez foi superior no período das chuvas. Isso pode ser verificado pelas médias calculadas: em Vv na estação chuvosa, 7,117 NTU foi a média calculada, e para Mi, 13,86 NTU. No período seco, Vv apresentou 6,211 NTU e Mi, 9,9 NTU.

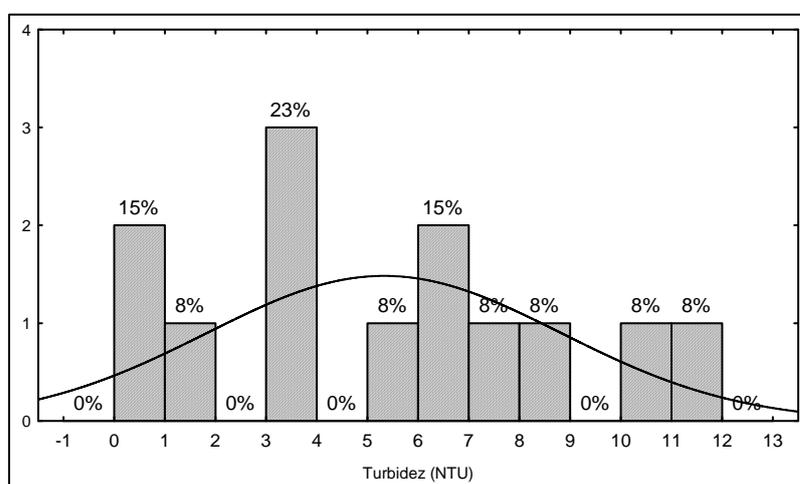
A turbidez está diretamente ligada aos sólidos presentes no ecossistema. A turbidez tem como principais conseqüências as reduções das atividades fotossintéticas e influencia diretamente a diversidade específica dos organismos presentes, pois limita a zona eufótica e influencia a taxa fotossintética. (PERES, 2002).

Os resultados da comparação não paramétrica de Mann Whitney é mostrado na tabela 6.28, e os resultados sugerem que entre os dois pontos, houve diferenças na turbidez entre Vv e Mi.

Tabela 6.28: Resultados do teste de Mann-Whitney para turbidez medida nas microbacias Vai e Volta e Milagres

Teste "U" - Mann Whitney	
Soma de "ranks" Vai e Volta	99.5
Soma de "ranks" Milagres	176.5
p	0.000459
p-level	0.000447
Valid N grupo 1	13
Valid N grupo 2	10

Os resultados mais freqüentes de turbidez encontrados nas microbacias Vai e Volta e Milagres, podem ser vistos na figura 6.30, ao mesmo tempo em que é dada a porcentagem da faixa mais freqüente observada.



a)

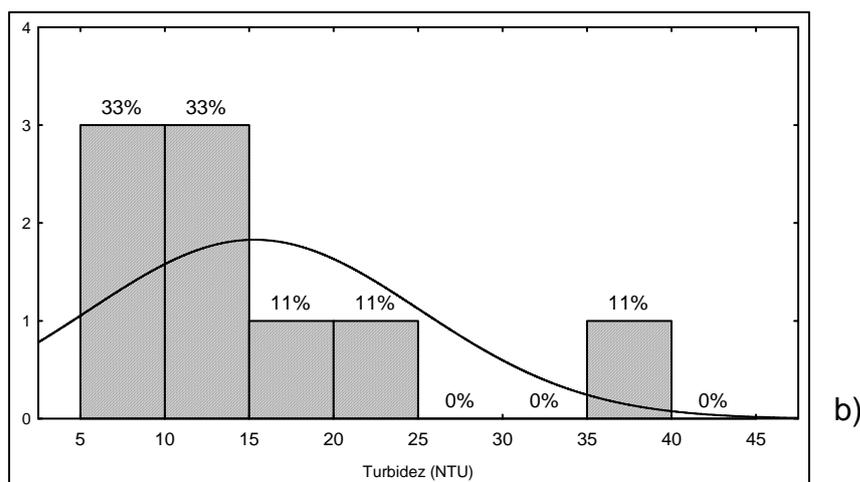


Figura 6.30: Histogramas de frequência com distribuição das porcentagens (barras verticais) da turbidez entre os meses amostrados nos pontos: a) microbacia Vai e Volta e b) microbacia Milagres.

Analisando os histogramas, a faixa de valores de turbidez mais freqüente em Vv foi entre 3,0 a 4,0 NTU, representado 23% das medições. Trinta por cento dos valores ficaram entre 0 e 1,0 NTU e 48% dos resultados de turbidez se dividiram entre (1,0 a 2,0 NTU), (7,0 a 9,0 NTU) e de (10,0 a 12,0 NTU).

Em Mi os resultados mais freqüentes ficaram entre 5 a 15 NTU, somando 66% das observações e 33% dos valores ficaram divididos entre valores de 15 a 25 NTU e de 35 a 40 NTU.

O resultado da comparação não paramétrica espacial mostrou que a turbidez é diferente entre pontos. As concentrações foram maiores no segundo ponto, visto que as medianas computadas foram: 5,82 NTU para Vv e 11,64 NTU para Mi. Sazonalmente falando, a turbidez foi superior no período das chuvas, pois a variável turbidez deve estar refletindo a maior concentração de sólidos suspensos carregados em ambientes de maior velocidade de corrente, como os córregos e portanto possuem a maior capacidade de transporte, especialmente durante a ocorrência de chuvas, como descrito por Lamparelli, (2004).

6.2.2 – Correlações entre a composição química da água, vazão e as formas orgânicas, inorgânicas e totais de nitrogênio

Nas tabelas 6.29 e 6.30 são apresentados os resultados das correlações entre a química da água e as formas de nitrogênio das microbacias Vai e Volta e Milagres.

Tabela 6.29: Resultados da correlação entre a composição química da água (1ª coluna da esquerda) e as formas de nitrogênio na microbacia Vai e Volta. Os coeficientes assinalados em negrito são significativos ao nível de 5%.

	NO ₂	NO ₃	NH ₄	NOD	NOP	N-Total
Vazão	-0.353	-0.155	0.057	0.346	-0.665	-0.700
Temperatura	-0.543	-0.182	0.032	0.226	-0.496	-0.537
pH	-0.170	0.298	-0.341	-0.061	-0.114	-0.039
O ₂ dissolvido	0.365	0.218	-0.631	-0.861	0.399	0.448
O ₂ saturado	0.198	0.192	-0.705	-0.897	0.268	0.311
Condutividade elétrica	-0.111	-0.100	-0.185	-0.691	-0.101	-0.121
Potencial redox	0.211	-0.486	-0.298	-0.192	0.142	0.051
STD	-0.111	-0.100	-0.185	-0.703	-0.101	-0.121
Salinidade	-0.125	-0.112	-0.187	-0.114	-0.079	-0.102
Turbidez	-0.072	0.419	-0.204	-0.258	0.131	0.206
Sólidos Suspensos	-0.109	0.437	-0.354	0,801	0.052	0.133
Clorofila <u>a</u>	-0.146	0.506	-0.395	-0.321	-0.095	0.009

Tabela 6.30: Resultados de correlação entre a composição química da água (1ª coluna da esquerda) e as formas de nitrogênio na microbacia Milagres. Os coeficientes assinalados em negrito são significativos ao nível de 5%.

	NO ₂	NO ₃	NH ₄	NOD	NOP	N-Total
Temperatura	-0.540	0.312	-0.158	-0.243	-0.505	-0.457
pH	0.585	-0.177	0.115	0.361	0.497	0.461
O ₂ dissolvido	-0.457	0.665	0.102	0.487	0.247	0.312
O ₂ saturado	-0.487	0.682	0.098	0.447	0.191	0.261
Condutividade elétrica	0.362	-0.245	0.092	-0.691	-0.464	-0.455
Potencial redox	-0.185	0.216	-0.318	0.319	0.110	0.096
STD	0.400	-0.258	0.097	-0.703	-0.437	-0.432
Salinidade	0.250	0.362	-0.131	0.059	-0.005	0.018
Turbidez	-0.173	0.016	-0.292	0.177	0.027	0.000
Sólidos Suspensos	-0.100	0.390	0.141	-0.514	-0.089	-0.040
Clorofila <u>a</u>	0.190	0.030	0.119	0.451	0.500	0.485

A correlação obtida na microbacia Vai e Volta (Figura 6.29) entre a vazão e o nitrogênio orgânico particulado (-0,665) e também com nitrogênio total (-0,700) é justificada pelo carreamento de N, oriundo do solo fixado por bactérias, que é lixiviado através do escoamento superficial quando ocorrem as precipitações. Porém, os valores das correlações deviam ser positivos, pois quanto maior a vazão, maior seria o carreamento desses elementos. Não há explicação física para essa correlação, pois os valores apresentaram-se negativos.

Está havendo um consumo de oxigênio dissolvido para a decomposição da matéria orgânica, ou seja, a oxidação do nitrogênio total a nitrogênio orgânico dissolvido, isso foi encontrado pela correlação estatística entre oxigênio dissolvido e nitrogênio orgânico dissolvido (-0,861), pois quanto mais oxigênio dissolvido no curso d'água, menos nitrogênio na NOD ocorrerá pois está sendo degradado.

A redução da forma amônia a outros compostos assimiláveis explica a correlação existente este e oxigênio dissolvido (-0,705), pois quanto mais oxigênio estiver disponível menos amônia estará presente na água, pois estará sendo oxidada.

A variável sólidos totais dissolvido é equiparada a condutividade elétrica, então, como a forma orgânica não conduz eletricidade, apresenta uma correlação negativa (-0,703) entre sólidos totais dissolvidos e nitrogênio orgânico dissolvido. O mesmo ocorre na microbacia Milagres na correlação obtida entre NOD e condutividade elétrica (-0,691) e entre mesmo e STD (-0,706). (Tabela 6.30).

Para a correlação entre sólidos suspensos e nitrogênio orgânico dissolvido, não há explicação física para tal.

A correlação entre oxigênio e nitrato (0,682), obtida na microbacia Milagres, é direta e significativa, e pode ser explicada pelo processo de nitrificação, onde a forma oxidada de nitrato é produzida. Esse processo é altamente dependente de oxigênio, sendo necessários 4,3 g O₂ para oxidar 19 g de N, como descrito por ESTEVES (1998).

6.2.3 – Bases (K, Ca, Mg)

Com exceção do K e Ca para Vai e Volta, as concentrações das bases seguem uma distribuição normal de dados nos córregos das microbacias florestais.

Do ponto de vista espacial, de acordo com a estatística “U” de Mann Whitney, houve diferenças significativas (ao nível de 5% de probabilidade), entre as microbacias, para as concentrações de Ca e Mg, dentre as bases. (Tabela 6.31).

Tabela 6.31: Resultados do teste de Mann-Whitney para a concentração de K, Ca e Mg amostrados nas microbacias Vai e Volta e Milagres. Os elementos marcados por “*” são iguais.

Teste "U" - Mann Whitney	K	Ca*	Mg*
Soma de "ranks" Vai e Volta	157	91	91
Soma de "ranks" Milagres	74	140	140
p	0.310643	0.000166	0.000166
p-level	0.309699	0.000151	0.000166
Valid N grupo 1	13	13	13
Valid N grupo 2	8	8	8

6.2.3.1 – Potássio

Na figura 6.31, é mostrada a distribuição das concentrações de K durante o período de estudo entre os dois pontos.

As concentrações de potássio em Vai e Volta variaram entre 1,190 mg/l, medido em janeiro de 2007 e 2,373 mg/l, registrado em setembro de 2007, meses

que representam respectivamente, períodos de chuva e seca. A variação obtida entre os dados foram de 1,183 mg/l.

Para Milagres, a variação computada foi de 2,210 mg/l, ligeiramente superior comparada a Vv. A concentração máxima registrada (3,068 mg/l) ocorreu em maio/07 e a mínima (0,858 mg/l) foi observada em novembro/2006, novamente, os meses em que foram observados são referentes a estação seca e chuvosa.

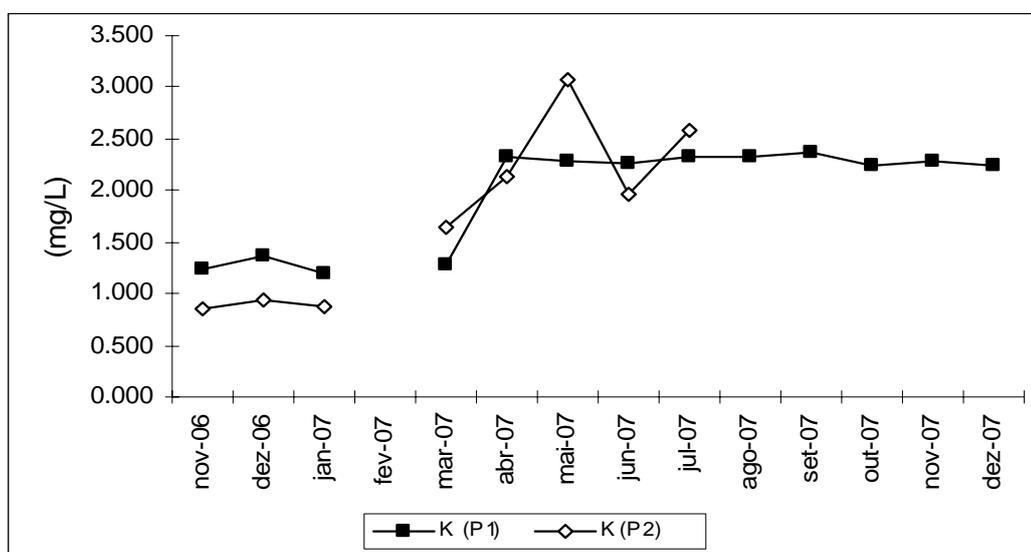


Figura 6.31: Distribuição e comportamento da concentração de K na água das microbacias Vai e Volta (P1) e Milagres (P2) durante o período de estudo.

Os resultados gráficos sugerem que as concentrações dessa base foram maiores em Vv do que em Mi, fato justificado pelas medianas calculadas, apesar de estatisticamente serem iguais entre os pontos. Em Vv a mediana foi 2,388 mg/l e inferior em Mi com 1,801 mg/l.

Likens *et al.* (1994), citados em Sabará (1999), sugerem que os resultados obtidos acerca da biogeoquímica do potássio em um ecossistema florestal temperado obtidos indicam que em anos úmidos o ecossistema atua como fonte de potássio, enquanto que nos anos de seca atua como um sumidouro deste elemento. O ano da pesquisa foi um ano seco, o mesmo pode estar ocorrendo nas

microbacias. Likens e Bormann (1996), calcularam uma média de 0,23 mg K/l, para Hubbard Brook, entre 1963 a 1974. Esse valor está cerca de 10 vezes menor que o encontrado para as medianas das bacias pesquisadas. Barbosa *et al.* (2004), estudando dois córregos florestais na região, encontraram valor de mediana igual a 1,99 mg K/l. Próximo, portanto aos valores de mediana dessa pesquisa.

6.2.3.2 – Cálcio

Em toda a pesquisa, Vv apresentou valores baixos e nulos de concentração de Ca. Em abril de 2007, foi observada a concentração máxima de Ca (0,108 mg/l). Nos meses entre novembro/06 a março/07 e também em agosto/07, não foi registrada a concentração deste elemento em Vai e Volta.

Em Milagres, as concentrações exibiram valores maiores. As concentrações apresentaram uma diferença de 3,304 mg/l entre os dados, que oscilaram entre mínimo de 1,660 mg/l e máximo de 4,964 mg/l, medidos em março/07 e julho/07, respectivamente. A mínima concentração foi obtida no final do período chuvoso e a máxima durante a estação seca.

Na figura que segue, é exibida uma comparação da concentração de Ca entre os dois pontos de coleta.

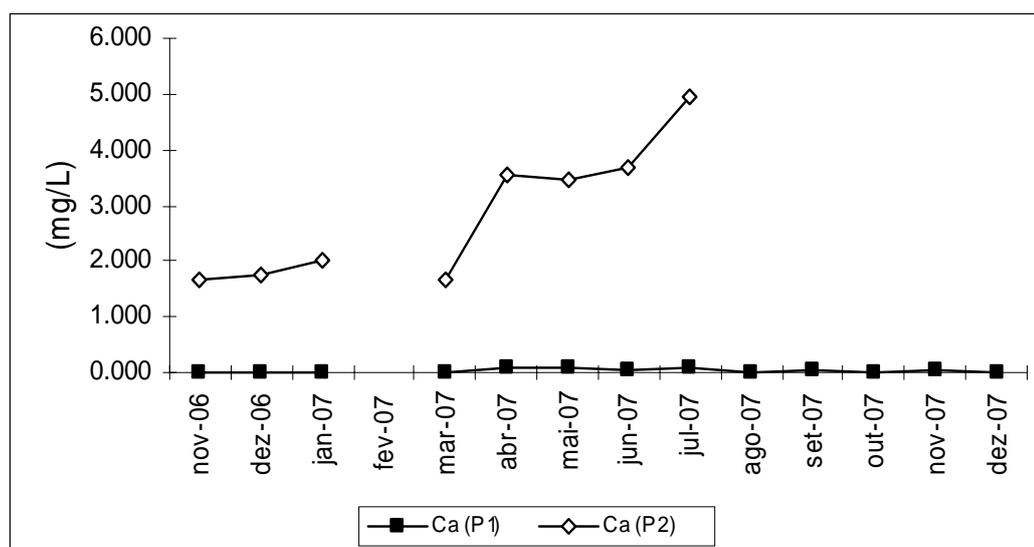


Figura 6.32: Distribuição e comportamento da concentração Ca na água das microbacias Vai e Volta (P1) e Milagres (P2) durante o período de estudo.

Indiscutivelmente, as concentrações de cálcio se mostraram maiores em Milagres, do que em Vv. As medianas desse elemento foram as seguintes: 0,021 mg/l e 2,727 mg/l, para Vv e Mi, nessa ordem.

O predomínio de cálcio na água, provavelmente reflete a química dos solos das bacias na qual estão inseridas. (SABARÁ, 1999). Para Bormanns e Likens (1976), citados em Margalef (1983), Hubbard Brook (NE dos E.U.A), calcularam uma média de 1,65 mg Ca /l entre 1963 a 1974. Sabará (1999), encontrou valores de medianas iguais a 0,026 (chuvas) e 0,11 mg Ca /l (seca) em córregos florestais próximos de Vv e Mi. Tanto a ordem de grandeza, quanto a diferença entre concentrações na seca e chuva, estão semelhantes com o atual estudo. Isso sugere que o cálcio é um elemento que não se desloca com o escoamento superficial, sendo mais presente na água, em períodos de seca, provavelmente devido à decomposição de material alóctone.

6.2.3.3 – Magnésio

A variação na concentração de Mg para Vv foi 0,075 mg/l, resultado da diferença entre mínimo (0,031 mg/l) e máximo (0,106 mg/l), coletados nos meses de setembro/07 e dezembro/06, respectivamente.

A variação calculada para Mi foi 2,279 mg/l, com concentrações variando de 2,499 mg/l a 4,778 mg/l, verificadas em março e julho/07.

A figura 6.33, apresenta a distribuição das concentrações de Mg para os pontos estudados.

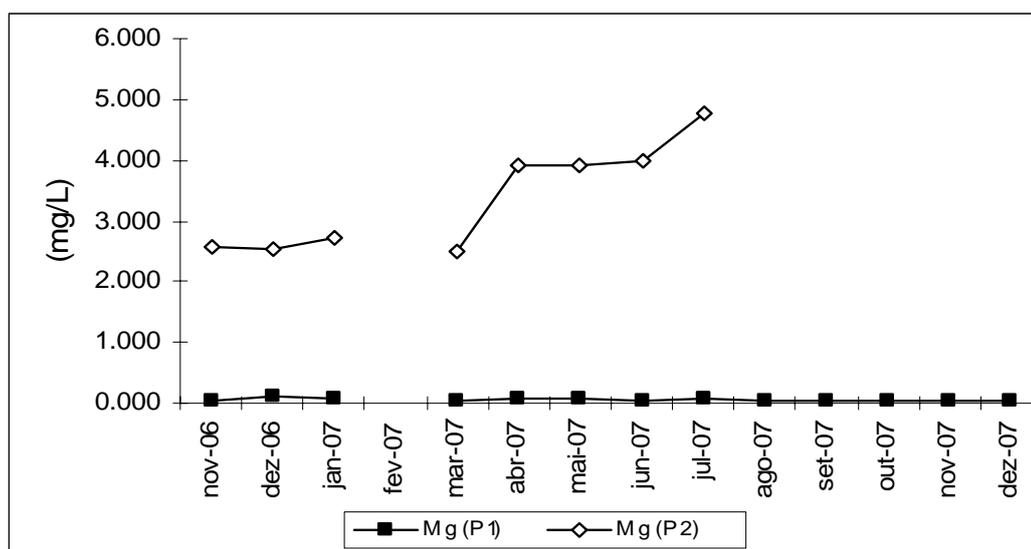


Figura 6.33: Distribuição e comportamento da concentração de Mg na água das microbacias Vai e Volta (P1) e Milagres (P2) durante o período de estudo.

A variação da concentração dessa base foi menor para Vv, porém as maiores concentrações ocorreram em Mi, segundo as medianas obtidas: 0,053 mg/l para Vv e 3.324 mg/l para Mi.

Os resultados apontaram que a ordem de abundância das bases foi a seguinte: (K > Mg > Ca) para Vai e Volta e para Milagres: (Mg > Ca > K).

Apesar da ordem de abundância apresentar-se semelhante para as duas microbacias, com exceção do K, as concentrações mais elevadas ocorreram no segundo ponto, fato que pode ser explicado pela formação rochosa de cada região.

Sazonalmente, exceto para Mg, as concentrações das bases foram mais elevadas durante a estação seca. Isso pode estar ocorrendo, pois neste período, em que não ocorrem precipitações, o curso d'água é abastecido pelo lençol freático, que provavelmente está enriquecido com bases, que foram lixiviadas das próprias rochas da região, durante os períodos anteriores de precipitação.

Segundo Likens & Bormann (1996) e também Sabará (1999), a água existente em córregos de bacias florestais em um dado momento é uma mistura de água de precipitação e água subterrânea, cujas proporções variam sazonalmente. Durante as chuvas, a água dos córregos é essencialmente água do escoamento superficial que recebeu as influências de sua passagem pela vegetação e solos florestais. Durante a seca, a água do córrego, é essencialmente água subterrânea, refletindo a química dos solos e das rochas em decomposição. Barbosa *et. al.*(2004), registraram concentrações de Mg entre 0,23 e 4,08 mg Mg/l, valores próximos aos encontrados nesse estudo.

6.2.4 – Metais (Fe, Mn, Zn e Cu)

Os resultados do teste de normalidade (Shapiro Wilks) indicaram que, para a microbacia Vai e Volta, com exceção do Cu, e em milagres, com exceção do Mn, as concentrações de metais estão normalmente distribuídas.

Em termos espaciais, o teste de Mann Whitney foi aplicado, ao nível de significância de 5%, para verificar se houve diferenças da concentração de metais entre os pontos de coleta. Os resultados são mostrados na tabela 6.32.

Tabela 6.32: Resultados do teste de Mann-Whitney para a concentração de Fe, Mn, Zn e Cu amostrados nas microbacias Vai e Volta e Milagres. Os elementos marcados por “*” são iguais.

Teste "U" - Mann Whitney	Fe	Mn	Zn	Cu
Soma de "ranks" Vai e Volta	136	98	136.5	147.5
Soma de "ranks" Milagres	95	133	94.5	83.5
p	0.612197	0.001119	0.637834	0.744507
p-level	0.597551	0.001103	0.202405	0.744026
Valid N grupo 1	13	13	13	13
Valid N grupo 2	8	8	8	8

Os resultados da comparação não paramétrica sugerem que, exceto para Mn, as concentrações de metais foram semelhantes em função dos pontos de coleta.

6.2.4.1 – Ferro

As concentrações de ferro em Vai e Volta variaram entre 0,0 mg/l, medido em novembro/06, maio e entre agosto e novembro de 2007 e 0,457 mg/l, registrado em abril de 2007. A variação obtida entre os dados foram de 0,457 mg/l.

Para Milagres, a variação computada foi de 8,620 mg/l, muito superior comparada a Vv. A concentração máxima registrada (8,620 mg/l) ocorreu em julho/07 e a mínima (0,0 mg/l) observada nos meses de novembro/2006, e entre abril e maio/2007.

Na figura 6.34, é mostrada a distribuição das concentrações de Fe durante o período de estudo entre os dois pontos.

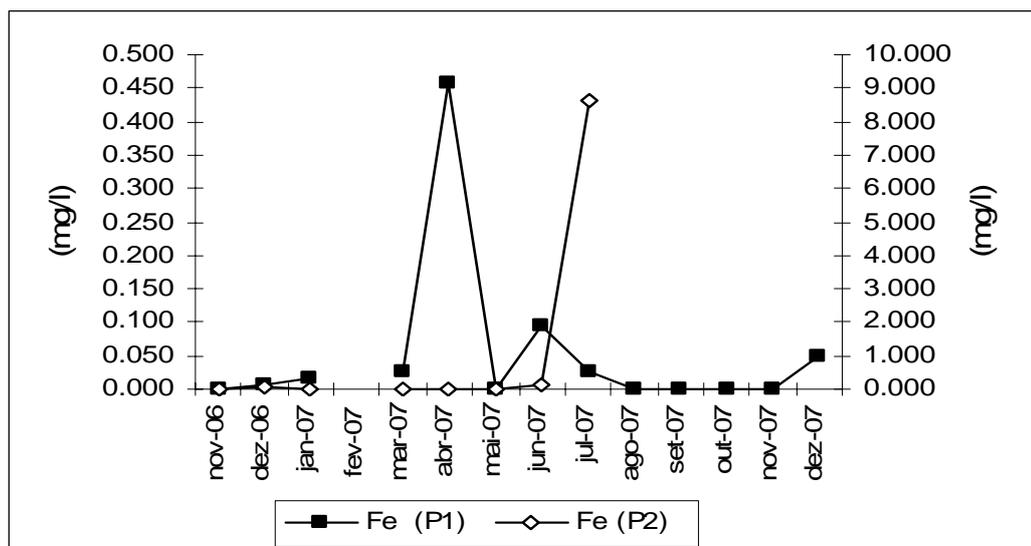


Figura 6.34: Distribuição e comportamento da concentração de Fe na água das microbacias Vai e Volta (P1) e Milagres (P2) durante o período de estudo.

A variação da concentração desse metal foi menor para Vv, porém as maiores concentrações ocorreram em Mi, mas os resultados obtidos pela comparação não paramétrica, sugeriu que as concentrações de Fe foram iguais entre os pontos. As medianas obtidas foram: 0,006 mg/l para Vv e 0,013 mg/l para Mi.

O valor pico de Fe (8,620 mg/l) foi um resultado provável da diminuição de vazão em Mi.

6.2.4.2 – Manganês

Durante a pesquisa, Vv apresentou valores baixos e nulos de concentração de Mn. Em janeiro de 2007, foi observada a concentração máxima (0,021 mg/l). Nos meses março, maio, agosto e outubro/2007, não foi registrada a concentração deste elemento em Vai e Volta.

Em Milagres, as concentrações se apresentaram em valores maiores. As concentrações exibiram uma variação de 0,324 mg/l entre os dados, que oscilaram

entre mínimo de 0,003 mg/l e máximo de 0,327mg/l, medidos em maio e julho/2007, respectivamente, ambos na estação seca.

Na figura 6.35, é exibida uma comparação da concentração de Mn entre os dois pontos de coleta.

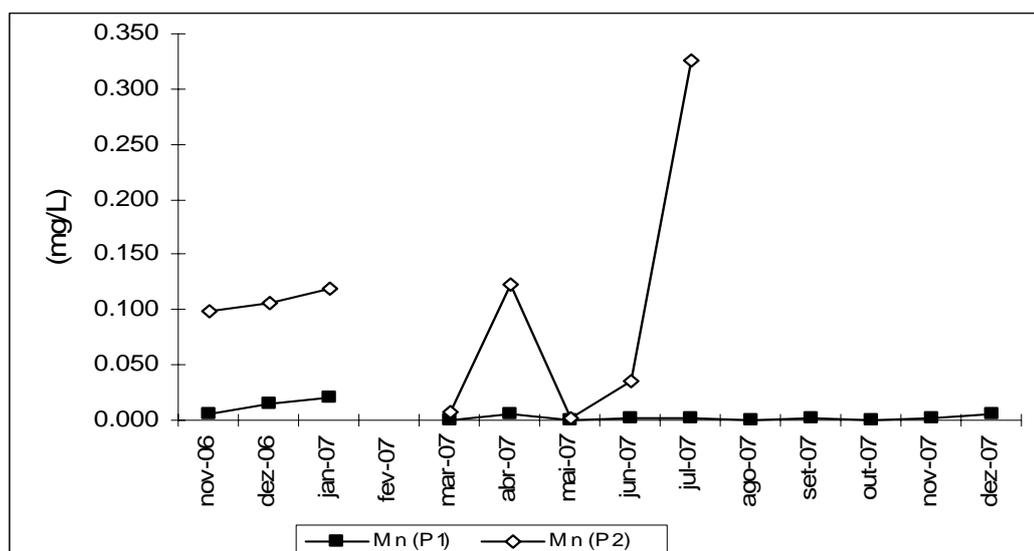


Figura 6.35: Distribuição e comportamento da concentração de Mn na água das microbacias Vai e Volta (P1) e Milagres (P2) durante o período de estudo.

A variação da concentração desse metal foi novamente menor em Vai e Volta, e as maiores concentrações aparentemente ocorreram em Mi, de acordo as medianas calculadas: 0,002 mg/l para Vv e 0,103 mg/l para Milagres.

6.2.4.3 – Zinco

Na figura 6.36, é apresentada a distribuição das concentrações de Zn para os pontos estudados.

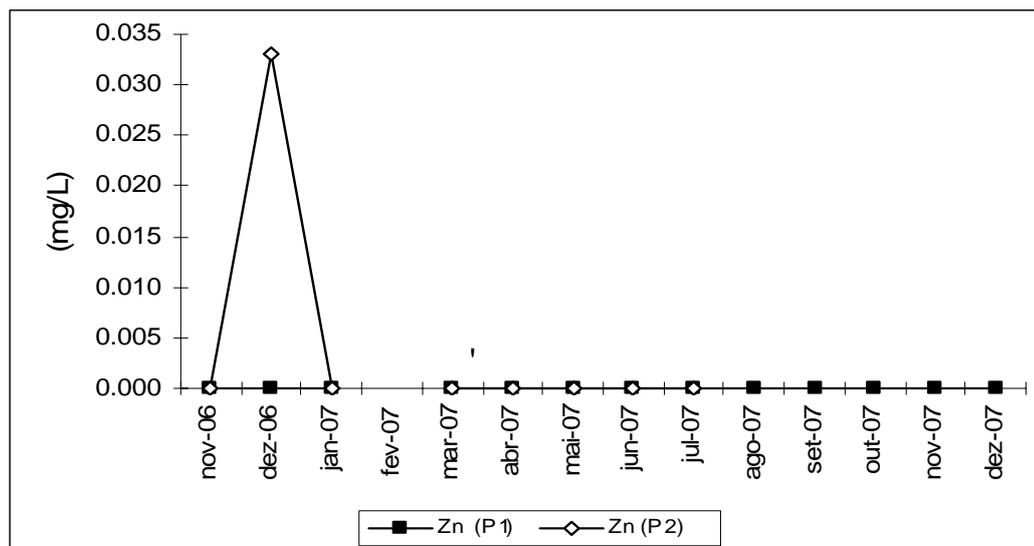


Figura 6.36: Distribuição e comportamento da concentração de Zn na água das microbacias Vai e Volta (P1) e Milagres (P2) durante o período de estudo.

A variação na concentração de Zn para Milagres foi 0,033 mg/l, correspondente também ao máximo e único valor registrado no mês de dezembro de 2006. Não foi registrada a presença de zinco nas águas do córrego florestal da microbacia Vai e Volta.

6.2.4.4 – Cobre

O cobre se apresentou em concentrações baixas nas duas microbacias. Em Vai e Volta, o máximo registrado foi 0,0024 mg/l, observado no mês de setembro/07, correspondente a estação seca e na microbacia Milagres, a máxima concentração medida (0,017 mg/l) ocorreu em dezembro/2006, período chuvoso.

Na figura 6.37, é mostrada a distribuição das concentrações de Cu durante o período de estudo entre os dois pontos.

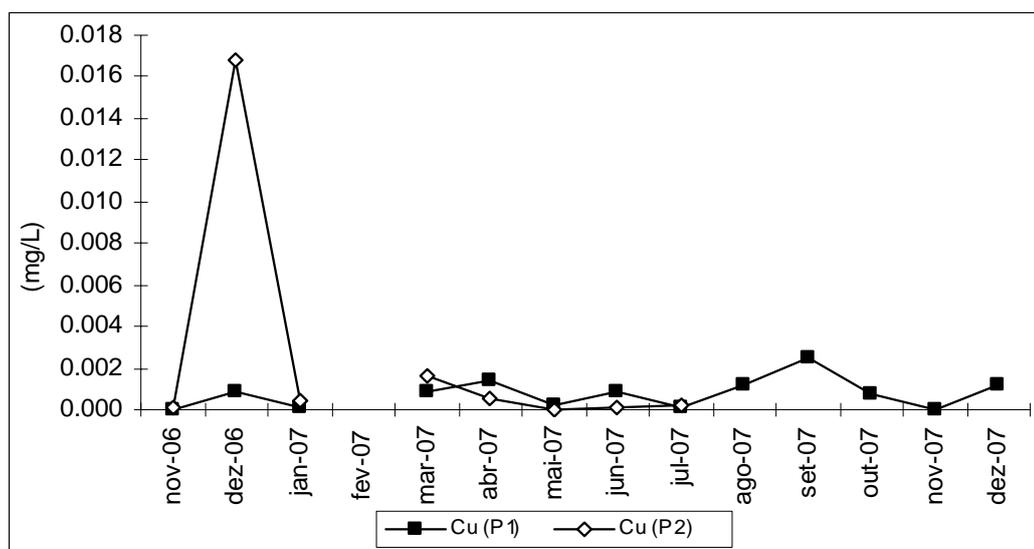


Figura 6.37: Distribuição e comportamento da concentração de Cu na água das microbacias Vai e Volta (P1) e Milagres (P2) durante o período de estudo.

Em termos espaciais, apesar da concentração de Cu exibir um pico de 0,017 mg/l em Milagres, de acordo com as medianas calculadas, (0,001 mg/l) em Vv e (0,00031 mg/l) em Mi, as concentrações foram superiores em Vai e Volta, mas os testes estatísticos indicaram que, entre os pontos as concentrações de Cu foram semelhantes.

Diante dos resultados obtidos, a ordem de abundância dos metais foi a seguinte: (Fe > Mn > Cu > Zn) para Vai e Volta e para Milagres: (Mn > Fe > Cu > Zn).

Apesar da ordem de abundância apresentar-se semelhante para as duas microbacias, com exceção do Fe, as concentrações mais elevadas ocorreram em Milagres novamente, fato que pode ser explicado pela formação rochosa de cada região.

Do ponto de vista sazonal, as concentrações de Fe e Mn apresentaram se em valores maiores na estação seca em Mi. Cu e Zn exibiram maiores valores durante o

período chuvoso. E em Vai e Volta não houve grandes variações nas concentrações de metais.

6.2.5 – Exportação de nutrientes

Para a microbacia Vai e Volta, foram computados os valores de descarga dos nutrientes, incluindo as formas orgânicas, inorgânicas e total de nitrogênio e também a descarga de metais exportada pela microbacia. Os resultados obtidos são apresentados na tabela 6.33.

Para Milagres, não foi realizado estes cálculos por dois motivos. O primeiro é devido à falta de água neste ponto, a partir do mês de agosto do ano em qual foi realizada a pesquisa. O segundo foi devido a problemas técnicos nos medidores de vazão, que não registraram as vazões no ano de 2007.

Tabela 6.33: Descarga de nutrientes exportadas pela microbacia Vai e Volta. Os valores são dados em unidades de (g/mês/ha).

Nutrientes	Descarga (g/mês/ha)
NO ₂	0.204
NO ₃	57.294
NH ₄	5.562
NOD	1.196
NOP	479.503
N-TOTAL	543.548
k	441.730
Ca	6.373
Mg	16.481
Zn	0.000
Cu	0.172
Fe	14.767
Mn	1.695

Dentre as formas inorgânicas de nitrogênio, 57.294 g/mês/ha desse, foi exportado na forma de nitrato pela microbacia durante toda pesquisa, seguido da

amônia (5,562 g/mês/ha) e do nitrito (0,204 g/mês/ha). O NO_3 foi forma de nitrogênio inorgânico predominante em Vai e Volta, como pode ser visualizado na figura 6.38.

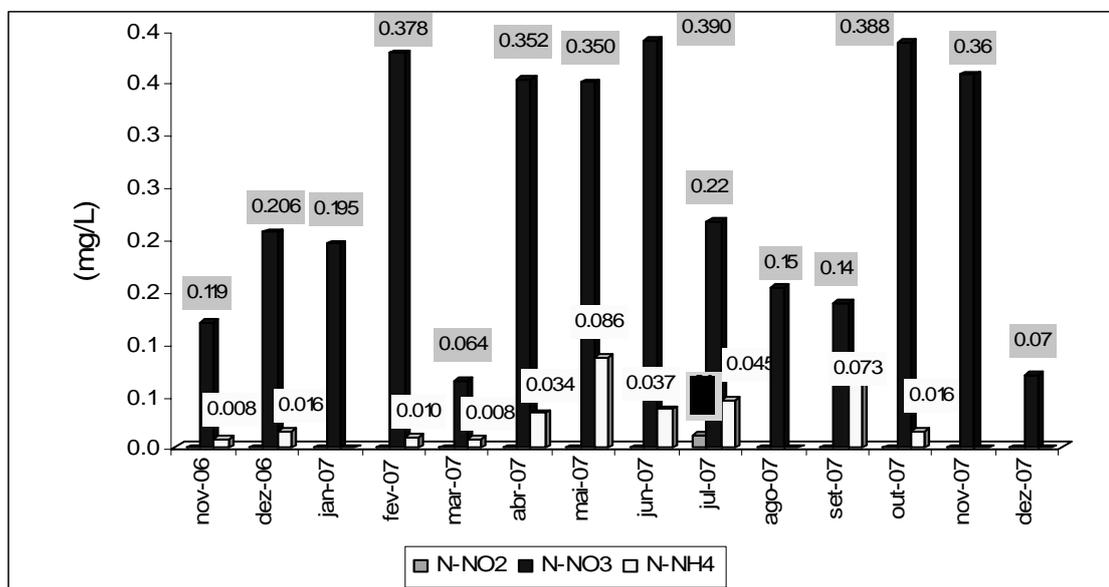


Figura 6.38: Formas inorgânicas de N em Vai e Volta, com predominância de NO_2 . Valores sombreados representam as concentrações (mg/l) em cada mês da pesquisa.

Entre as formas orgânicas, o nitrogênio foi exportado em grandes quantidades na forma particulada (479,503 g/mês/ha), que foi forma dentro o N orgânico predominante na bacia, seguida do nitrogênio orgânico dissolvido (1,196 g/mês/ha). Na figura 6.39, é apresentada a distribuição do N orgânico durante os meses de amostragem.

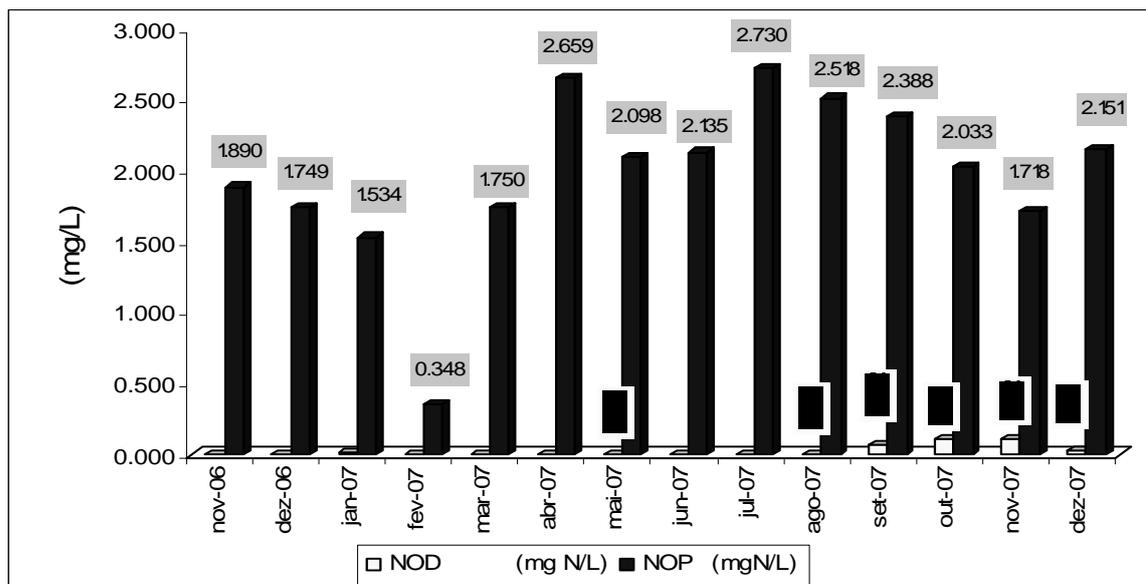


Figura 6.39: Formas orgânicas de N em Vai e Volta, com predominância de NOP (nitrogênio orgânico particulado). Valores sombreados representam as concentrações (mg/l) em cada mês da pesquisa.

A maior parte de N foi exportada, conforme os cálculos, na forma particulada. Isto sugere, que o nitrogênio nas microbacias, não está sendo oxidado a formas de NO_2 e NO_3 a tempo de ser fixado em maiores quantidades, por plantas e microorganismos. Provavelmente a oxidação de N irá ocorrer em outro ponto do curso d'água, mais a jusante.

As bases foram exportadas na seguinte ordem: $\text{K} > \text{Mg} > \text{Ca}$, sendo o potássio exportado em maior quantidade (441,730 g/mês/ha).

Para os metais, o ferro foi exportado em maior quantidade (14,767 g/mês/ha), seguido de manganês e cobre.

Em Milagres, o nitrogênio inorgânico se mostrou predominante na forma de amônia por influência da concentração de oxigênio dissolvido neste ponto, que foi registrado em concentrações inferiores.

Dentre as formas orgânicas, o nitrogênio particulado também foi predominante. As figuras 6.40 e 6.41 mostram a distribuição das formas inorgânicas e orgânicas de N.

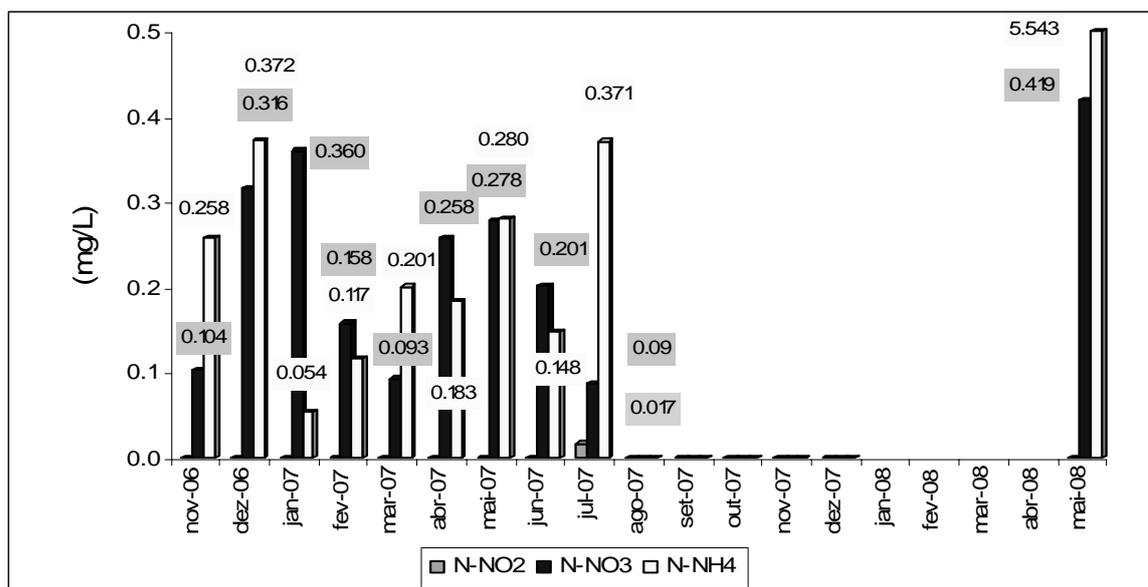


Figura 6.40: Formas inorgânicas de N em Milagres, com predominância de NH_4 . Valores sombreados representam as concentrações (mg/l) em cada mês da pesquisa.

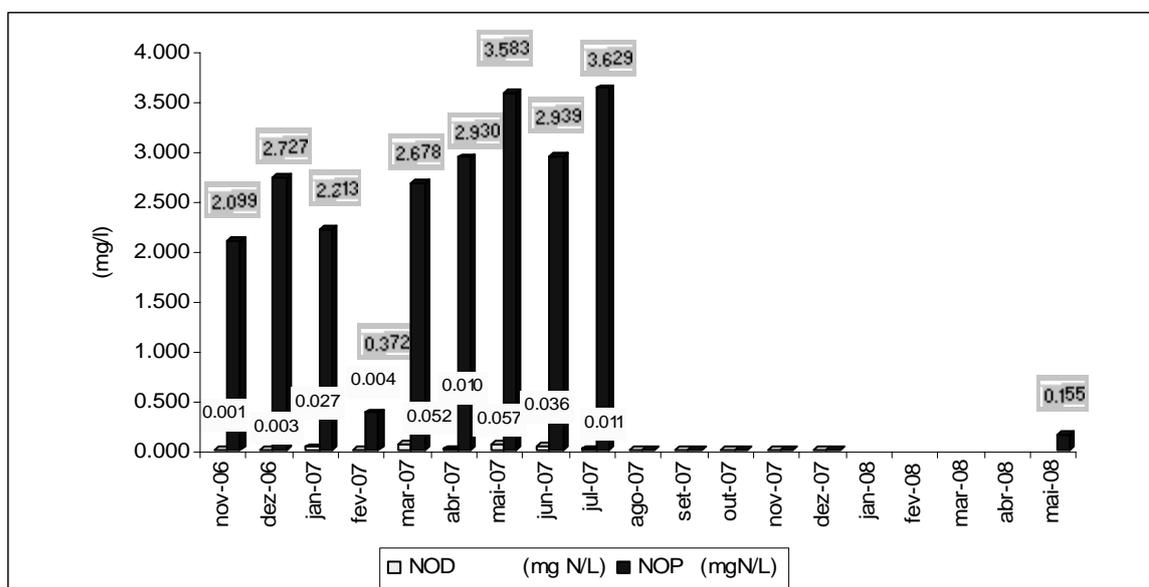


Figura 6.41: Formas orgânicas de N em Milagres, com predominância de NOP (nitrogênio orgânico particulado). Valores coloridos representam as máximas concentrações (mg/l) em cada mês da pesquisa.

O balanço de nutrientes de bacias hidrográficas que contêm florestas de Eucalyptus mostra-se, em termos médios, bastante conservador em termos de nutrientes, o que reflete os efeitos positivos deste tipo de cobertura florestal sobre o funcionamento da bacia hidrográfica, segundo Lima (1993). Ainda, para a bacia como um todo, isto é, para a qualidade da água, os estudos com espécies de Eucalyptus, assim como outras espécies florestais, demonstram que a qualidade final da água é, em condições naturais, mais dependente da geologia e do solo da bacia hidrográfica, assim como do regime de chuvas da região, através da interação de processos hidrológicos envolvidos na geração do deflúvio pela bacia.

Johnson & Swank (1973) já tinham observado que uma bacia reflorestada com *Pinus strobus* nos EUA não apresentou nenhum efeito adverso em termos de balanço de nutrientes.

Ainda segundo Lima (1993), uma bacia que contém floresta, seja em condições naturais ou de plantações florestais, apresenta normalmente um efetivo controle sobre os processos envolvidos na ciclagem geoquímica de nutrientes.

Portanto, o autor pôde concluir que o uso do Eucalyptus, em bacias degradadas, com o propósito de melhorar a qualidade de água, parece promover um adequado controle nos processos de escoamento superficial, erosão e ciclagem de nutrientes.

Lima sugere ainda que, essa afirmação não deve ser entendida como uma conclusão, mas essas possibilidades devem ser incluídas no estabelecimento de medidas práticas de manejo florestal.

6.3 Perifíton

O gênero de macroalga perifítica dominante encontrado na microbacia foi: Spirogyra sp., (Chlorophyta, Zygnematales), além das cianobactérias. A Spirogyra é encontrada em águas doces, sendo comum em águas estagnadas, apesar de haver espécies típicas de zonas litorâneas de lagos (Spirogyra adnata) e em águas correntes (LEE, 1989).

6.3.1 - Composição química

As concentrações de nitrogênio, bases e metais foram analisadas nos tecidos de algas de Spyrogira sp. Essas análises foram realizadas somente para o material coletado em Vai e Volta, devido um desenvolvimento excessivo desta num dado mês. Os resultados das concentrações são mostrados na tabela 6.34.

Tabela 6.34: Concentrações de N, metais e bases no tecido algal de Spyrogira sp. amostrada no córrego de Vai e Volta

Espécie	N mg/Kg	K mg/Kg	Ca mg/Kg	Mg mg/Kg	S mg/Kg	Cu mg/Kg	Zn mg/Kg	Fe mg/Kg	Mn mg/Kg	B mg/Kg
<i>Spirogyra</i>	15645	2577	9853	2567	n.d.	9.2	317	61321	524	43

As algas clorofíceas do gênero (Spirogyra sp.) apresentaram em seus tecidos 15645,00 mg N/Kg. Esse resultado comprova que a Spirogyra sp. é um excelente bioindicador, pois está espécie não fixa nitrogênio atmosférico, ela assimila o N presente na água, que por sua vez, está em concentrações altas.

A acumulação de nutrientes como nitrogênio e fósforo é sugerida ser influenciada por uma série de fatores ambientais, entre os quais se destaca a

concentração destes nutrientes na água e a relação N:P (GIBSON, 1987; WHITON *et al.*, 1998), mencionado em Sabará, (1999).

A ordem de abundância dos metais presentes nas algas foi a seguinte: Fe > Mn > Zn > Cu, ou seja, a mesma ordem encontrada na água, com exceção do zinco, o qual não foi detectado a presença deste na água.

O ferro exibiu (61321,0 mg/Kg), o manganês (524 mg/Kg), o zinco (317,4 mg/Kg) e o cobre foi o metal com menor participação na composição química da Spirogyra sp., (9,2 mg/Kg) e o enxofre foi o único não detectado. A concentração de boro foi de (43,8 mg/Kg).

A base mais abundante foi o cálcio (9853,99 mg/Kg), seguida de potássio (2577,68 mg/Kg) e magnésio (2567,40 mg/Kg), correspondente também a mesma ordem de abundância encontrada na água do córrego florestal. Isso acontece porque a composição química de fotótrofos aquáticos fixos à algum substrato, parece refletir a composição química do meio (WHITTON *et al.*, 1991).

Whitton & Kelly (1995), sugerem ainda que uma variedade de substâncias pode se acumular em tecidos vegetais, como os metais (Cu, Ni, Zn, Pb) em algas, sendo que geralmente o organismo apresenta concentrações do elemento analisado muitas vezes superiores à concentração média do mesmo na água, em função espécie e estado fisiológico.

6.3.3 – Número de heterocistos

Como mencionado anteriormente, o heterocisto é uma estrutura de fixação de N, que somente as cianobactérias são capazes de produzir. Através da observação dessas estruturas é possível avaliar a concentração de \pm nitrogênio no curso d'água, isto é, uma ferramenta biológica de monitoramento.

As populações de cianobactérias afloraram em fevereiro de 2007, em Vv, sugerindo que a água estava mais básica por causa da maior incidência de luz e também pelo clima mais quente, favorecendo a floração das cianobactérias.e/ou mais rica em nitrogênio, especialmente na forma amoniacal. (WHITTON, 1992).

A floração de algas indica que o ecossistema pode rapidamente mudar sua composição em espécies, respondendo a mudanças na química da água. Dissmeyer *et al.* (2000) sugere que chuvas em áreas florestais se infiltram muito rapidamente no solo, lixiviando os nutrientes para o lençol d'água e daí para os cursos d'água, de modo que a química desses ambiente é altamente influenciada pela quantidade de material depositado no solo.

Analisando os resultados das concentrações de N, verificou-se que neste mesmo mês a presença de amônia foi baixa.

No mês de agosto/2007 foi observado um heterocisto, sugerindo que a água estava mais pobre em nitrogênio.

Nos mês de dezembro de 2006 foram constatadas a presença de cianobactérias com pelôs, o que significa dizer que o ambiente estava limitado por fósforo.

Em janeiro e julho de 2007, ocorreu grande quantidade de Spyrogyra sp., fato que indica que a água do córrego apresentava-se com caráter ácido, fator que justifica o comportamento das Spyrogiras que se desenvolvem em grande quantidade nessa condição.

Entre os meses de março a junho e de agosto a dezembro do ano de 2007, as Spyrogiras predominaram, e as cianobactérias apresentaram-se em pequenas ou baixas populações.

Lamparelli (2004), ressalta que além da disponibilidade de nutrientes, fatores físicos, como a velocidade da água e as conseqüentes taxas de sedimentação, influenciam a transparência das águas e a turbulência do ambiente.

Outros gêneros fizeram-se presentes: Chamaesiphon sp.; Oedogonium sp.; Batrachospermum sp.; Ocystis sp. e diatomáceas.

Contudo, as cianobactérias estavam em condições pouco favoráveis, pois preferem e se desenvolvem melhor em pH básico, fato que justifica suas pequenas populações encontradas em Vai e Volta.

6.4 “Litter”

6.4.1 – Perda de massa

Para análise da taxa de decomposição do litter na água, a perda de massa foi avaliada. Na figura 6.42 está registrada a evolução da perda de massa e taxa de aceleração com que essa massa foi perdida.

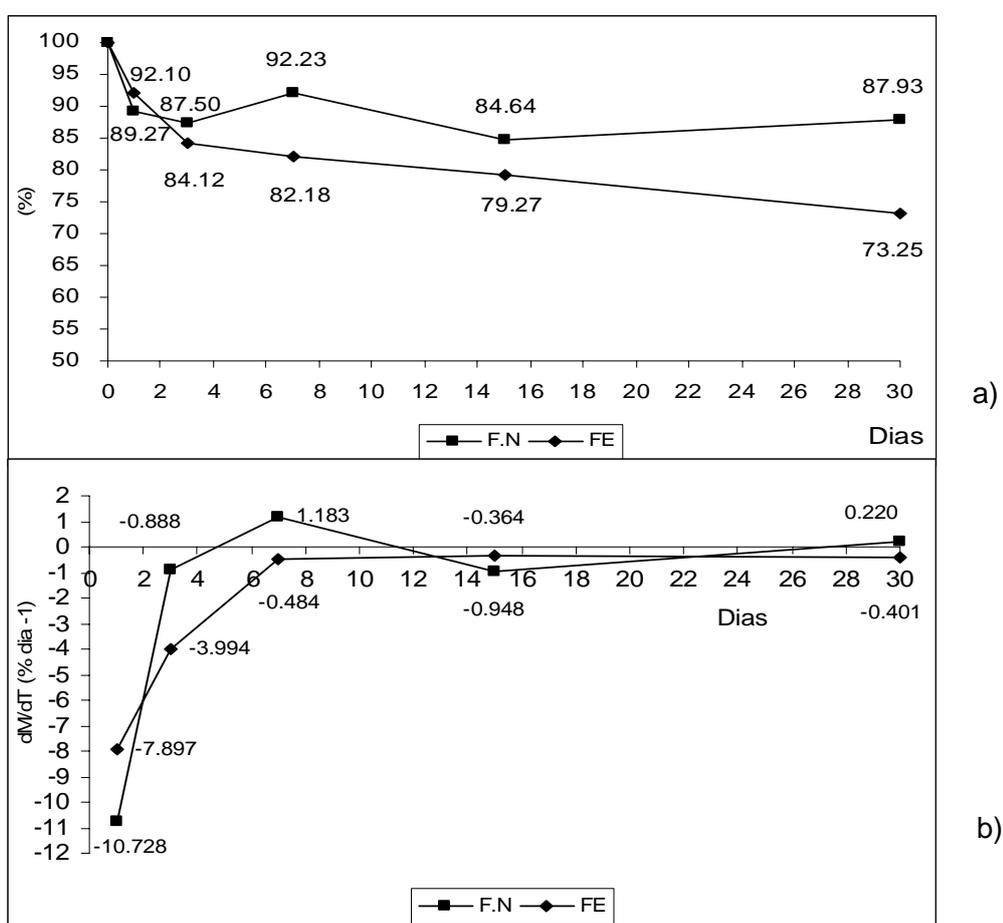


Figura 6.42: Evolução do decaimento da perda de massa para a fração folhas de espécie nativa e *Eucalyptus*. a) Velocidade de decaimento da massa durante os tempos de incubação. b) Taxa de aceleração de perda de massa durante os tempos de incubação.

Em análise comparativa entre a fração folhas, a perda de massa nas primeiras 24 horas foi de 8% para as folhas de Eucalyptus e 11% para as espécies de nativa.

A partir do 3º dia, a perda foi superior para as folhas de Eucalyptus com 16% de perda contra 13% para Nativa. A perda apresentou-se superior para a espécie Eucalyptus até o último dia de incubação (30 dias).

A variação total da taxa de decaimento foi de 26,75 % para as folhas de Eucalyptus, contra apenas 12,06% para a fração nativa, ou seja, a fração Eucalyptus perdeu massa mais rapidamente do que a fração nativa.

Durante os tempos de incubação, a velocidade com que a perda de massa procedia, é mostrada na figura 6.42 b. A taxa de aceleração, foi maior entre o 1º e 3º dia de incubação, nos períodos posteriores, foi verificada um ganho de massa, que pode ser explicado pela ação de colonização por bactérias.

Apesar da comparação estatística, feita através do teste de Mann Whitney (Tabela 6.36), no qual indicaram que as frações folhas perderam massa ao mesmo tempo, as folhas Eucalyptus apresentou resultados mais relevantes do que as folhas de nativa.

Tabela 6.35: Resultados do teste de Mann-Whitney para as frações de folhas e galhos de espécie nativa e Eucalyptus amostrados nas microbacias Vai e Volta e Milagres.

Teste "U" - Mann Whitney	Folhas	Galhos
Soma de "ranks" Fração Eucalyptus	30	31
Soma de "ranks" Fração Nativas	48	47
p	0.149551153	0.200194076
p-level	0.149551153	0.200194076
Valid N grupo 1	6	6
Valid N grupo 2	6	6

Segundo os resultados do teste "U" entre as duas frações, tanto a fração folhas como os galhos são iguais em relação a perda de massa

Para a fração galhos, a figura 6.43, mostra o comportamento da perda de massa entre os tempos de incubação.

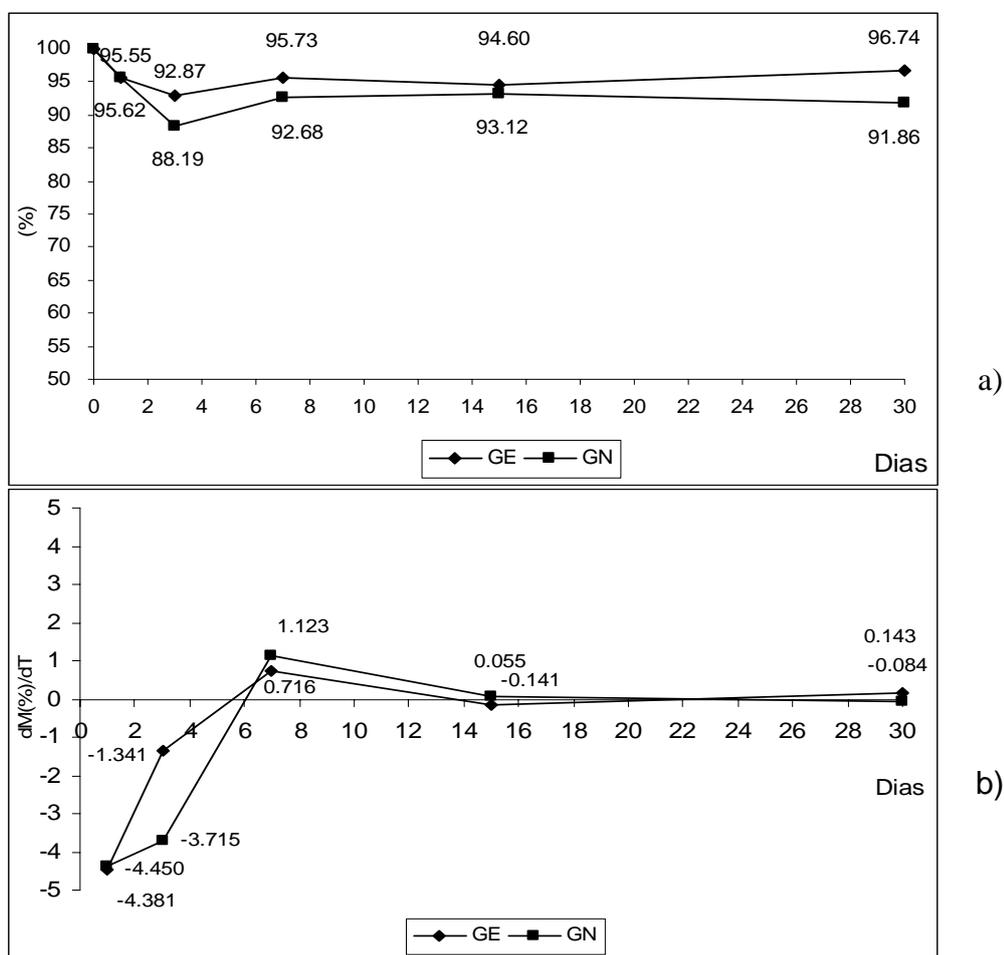


Figura 6.43: Evolução do decaimento da perda de massa para a fração galhos de espécie nativa e Eucalyptus. A) Velocidade de decaimento da massa durante os tempos de incubação. B) Taxa de aceleração de perda de massa durante os tempos de incubação.

A perda de massa para a fração galhos se mostrou o oposto, apesar da comparação não paramétrica indicar que as duas frações perderam massa ao mesmo tempo. A decomposição da fração nativa, ou seja, a perda de massa foi superior em relação à fração Eucalyptus durante os diferentes tempos de incubação.

A variação total no decaimento para a fração galhos Eucalyptus foi de 3,26 %, contra 8,1% para a fração nativa, ou seja, a fração nativa perdeu massa mais rapidamente do que a fração Eucalyptus.

Em relação a taxa de aceleração com que a perda foi dada, essa foi mais significativa para a fração de galhos de nativa.

O ganho de massa, observado tanto na fração folhas, como nos galhos ocorrem por ação de colonização de fungos e bactérias durante o período de incubação, uma vez que o ganho de massa aumentou com o passar do tempo. Esse ganho foi menos evidenciado nas frações Eucalyptus, devido a maior concentração de polifenóis (SABARÁ, 1994).

Sabará *et al.*, 2007, analisando a perda de massa do litter verificou que o material de origem nativa tanto folhas como galhos, se decompôs com maior velocidade, do que o originado de Eucalyptus. Provavelmente, devido à diferentes respostas de diferentes espécies do gênero à decomposição. Os autores citados trabalharam com Eucalyptus citriodora e Eucalyptus cloeziana, enquanto o estudo atual utilizou Eucalyptus grandis. As concentrações de polifenóis, que são considerados um dos principais limitadores da decomposição bacteriana, é maior nas duas primeiras espécies (KIRKBY e BUCKERFIELD, 1975).

6.4.2 – Polifenóis

As folhas e galhos de Eucalyptus e nativa, apresentaram taxas de liberação de polifenóis estatisticamente iguais, segundo os resultados do teste de Mann Whitney, que fez uma comparação não paramétrica entre as duas frações, para testar a hipóteses há diferenças na liberação de polifenóis entre as frações de folhas e entre as frações de galhos. Os resultados são apresentados na Tabela 6.37.

Tabela 6.36: Resultados do teste de Mann-Whitney para as frações de folhas e galhos de espécie nativa e *Eucalyptus* amostrados na microbacia Vai e Volta.

Teste "U" - Mann Whitney	Folhas	Galhos
Soma de "ranks" Fração <i>Eucalyptus</i>	30	30
Soma de "ranks" Fração Nativas	25	25
p	0.6015117	0.601512
p-level	0.6015117	0.601512
Valid N grupo 1	5	5
Valid N grupo 2	5	5

Os resultados sugerem que as variações nas concentrações de polifenóis, tanto entre as folhas quanto entre os galhos, foram iguais entre as frações

As concentrações de polifenóis entre os tempos de incubação são mostrados na tabela 6.37.

A concentração de polifenóis mostrou acentuada variação (0,799 mg/l) para as folhas de *Eucalyptus*, enquanto para a fração nativa a variação global foi (0,789 mg/l), isto é, levemente inferior comparada a outra fração. As menores concentrações foram observadas nos primeiros tempos de incubação, elevou-se entre 3º e 7º dia e diminuiu entre os últimos dias. A variação calculada foi entre valores máximos e mínimos encontrados entre os tempos de incubação, para cada fração. Os polifenóis diferiram entre 0,075 e 0,874 mg/l para a fração *Eucalyptus* e entre 0,054 e 0,843 mg/l para nativa.

Sabará *et al.* (2007), também obteve as maiores taxas de liberação de polifenóis nas folhas de *Eucalyptus*, com cerca de 80-90% do conteúdo de polifenóis sendo liberado das folhas em 3 dias.

Tabela 6.37: Concentrações de polifenóis (Ácido Tânico) entre os tempos de incubação para as frações de folhas e galhos de espécie nativa e *Eucalyptus*.

Tempo	Espécie	Concentração (mg. Ác. Tânico/L)	Espécie	Concentração (mg. Ác.Tânico/L)
<i>Fração Folhas</i>				
1	F.E	0.075	F.N	0.054
3	F.E	0.605	F.N	0.413
7	F.E	0.874	F.N	0.843
15	F.E	0.781	F.N	0.603
30	F.E	0.086	F.N	0.245
<i>Fração Galhos</i>				
1	G.E	0.068	G.N	0.048
3	G.E	0.854	G.N	0.675
7	G.E	0.979	G.N	0.962
15	G.E	0.881	G.N	0.636
30	G.E	0.361	G.N	0.400

Para as frações galhos as variações de polifenóis foram maiores. A variação durante os períodos de incubação foram 0,911 e 0,914 mg/L para as frações *Eucalyptus* e nativas, respectivamente. Os valores oscilaram entre 0,068 a 0,979 mg/L para a fração *Eucalyptus* e de 0,048 a 0,962 mg/L para a fração nativa.

A tendência observada para as frações foi à seguinte: as concentrações aumentaram gradativamente até o 7º dia de incubação e diminuiu nos posteriores.

Contudo, apesar dentre a fração folhas, a espécie de *Eucalyptus* e dentre a fração galhos, a espécie de nativa liberar mais polifenóis, os resultados estatísticos apontaram que as concentrações deste elemento foram iguais para as duas frações, entre os diferentes tempos de incubação. Os resultados foram muito próximos entre as espécies para as duas frações, fato que poderia justificar a igualdade estabelecida pela comparação não-paramétrica.

Segundo Campbell e Fuchshuber (1995), pesquisando a razão de processamento de polifenóis, em folhas de áreas de climas tropicais e temperados,

a espécies das regiões tropicais foram processadas mais rapidamente, apesar dos níveis de polifenóis não diferir estatisticamente entre as folhas das duas regiões.

De fato, a região de estudo é uma área tropical e como mencionado pelos autores, a razão de processamento nesse tipo clima pode ter influenciado nos resultados obtidos.

Outro aspecto importante mencionado por Barbosa e Coutinho (1987), é que os teores de polifenóis podem constituir uma das principais fontes de ácidos húmicos para o curso d'água.

6.4.3 - Composição química

A composição química dos elementos como nitrogênio, metais e bases foram medidas nos tecidos de folhas e galhos, entre os tempos de incubação.

Os resultados da comparação não paramétrica de Mann Whitney entre as frações de folhas e galhos durante o período de incubação são mostrados nas tabelas 6.38 e 6.39.

Tabela 6.38: Resultado do teste de Mann Whitney para nitrogênio, bases e metais entre as frações de folhas de espécies nativas e Eucalyptus.

Teste "U" - Mann Whitney	N	k	Ca	Mg	S
Soma de "ranks" Fração Eucalyptus	204	159.5	235	183	136.5
Soma de "ranks" Fração Nativas	121	165.5	90	142	188.5
p	0.056695	0.605347	0.000331	0.446636	0.077109
p-level	0.056904	0.604582	0.000331	0.446364	0.076996
Valid N grupo 1	13	13	13	13	13
Valid N grupo 2	12	12	12	12	12
Teste "U" - Mann Whitney	Cu	Zn	Fe	Mn	B
Soma de "ranks" Fração Eucalyptus	118	178.5	156	215	97.5
Soma de "ranks" Fração Nativas	207	146.5	169	110	227.5
p	0.00554	0.605347	0.479505	0.012352	0.000101
p-level	0.005522	0.605208	0.479505	0.012352	0.000099
Valid N grupo 1	13	13	13	13	13
Valid N grupo 2	12	12	12	12	12

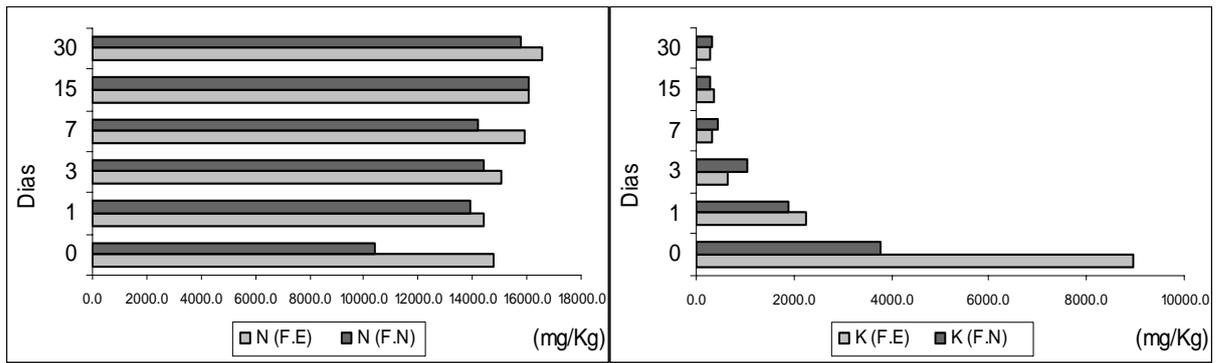
Os resultados sugerem que, com exceção do Ca, Cu, Mn e B as concentrações dos outros elementos são iguais estatisticamente entre as folhas de Eucalyptus e nativas, durante os tempos de incubação.

Tabela 6.39: Resultado do teste de Mann Whitney para nitrogênio, bases e metais entre as frações de galhos de espécies nativas e Eucalyptus.

Teste "U" - Mann Whitney	N	k	Ca	Mg	S
Soma de "ranks" Fração Eucalyptus	187	178.5	177	195	195.5
Soma de "ranks" Fração Nativas	164	172.5	174	156	55.5
p	0.555367	0.877732	0.938685	0.317318	0.305069
p-level	0.555299	0.877273	0.938685	0.317153	0.304903
Valid N grupo 1	13	13	13	13	13
Valid N grupo 2	13	13	13	13	13
Teste "U" - Mann Whitney	Cu	Zn	Fe	Mn	B
Soma de "ranks" Fração Eucalyptus	190.5	178	198	167	166
Soma de "ranks" Fração Nativas	160.5	173	153	184	185
p	0.441762	0.897987	0.248572	0.662914	0.662914
p-level	0.441606	0.897987	0.248572	0.662914	0.662914
Valid N grupo 1	13	13	13	13	13
Valid N grupo 2	13	13	13	13	13

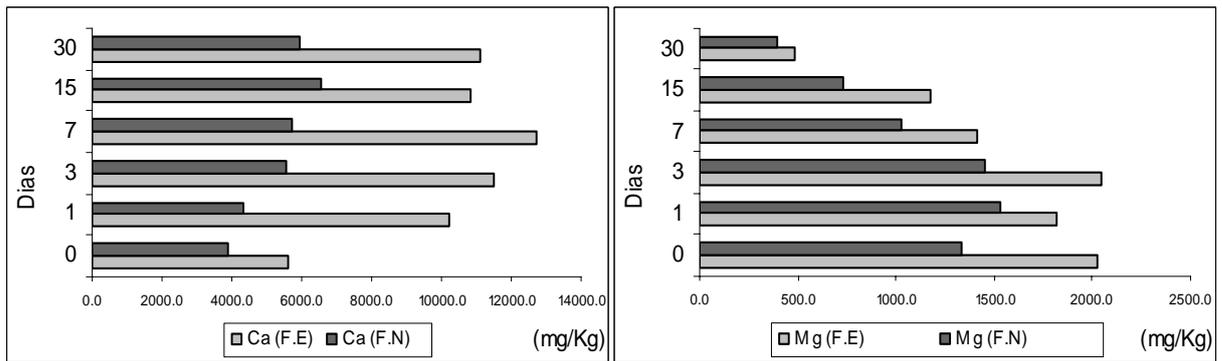
De acordo com os resultados, sem exceções, todos os elementos foram iguais estatisticamente na fração galhos e entre as folhas de nativa e Eucalyptus, durante os tempos de incubação.

Os gráficos que seguem são referentes aos resultados das concentrações de bases, metais e nitrogênio no material vegetal do litter, ao mesmo tempo em que é feita uma comparação entre as frações folhas das espécies de nativa e Eucalyptus.



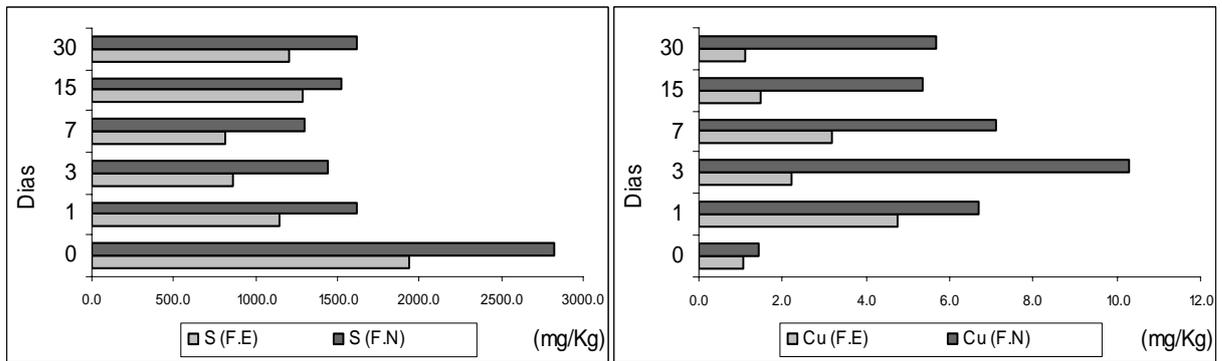
a)

b)



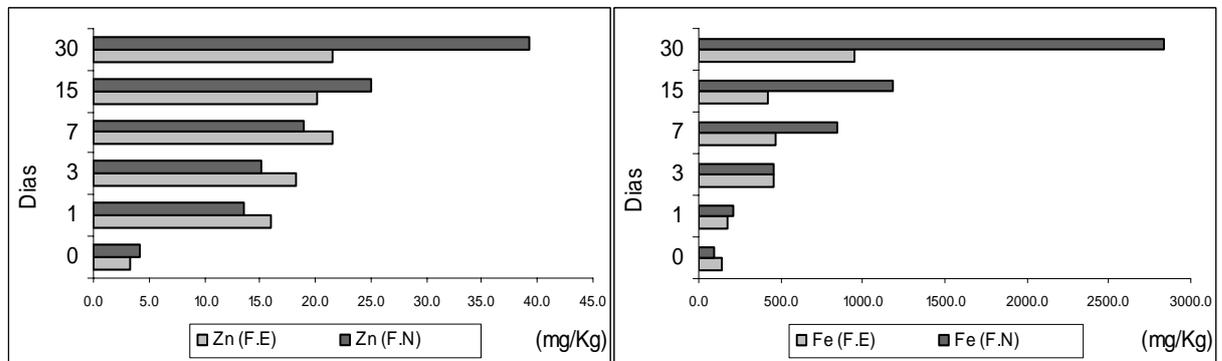
c)

d)



e)

f)



g)

h)

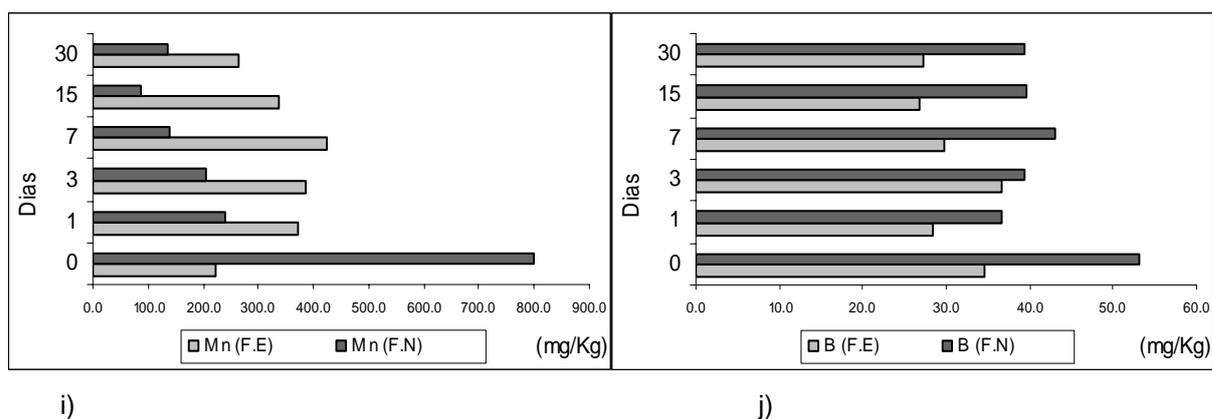


Figura 6.44: Comparação da concentração de nutrientes entre folhas de Eucalyptus e folhas de nativa. a) Nitrogênio, b) Potássio, c) Cálcio, d) Magnésio, e) Enxofre, f) Cobre, g) Zinco, h) Ferro, i) Manganês, j) Boro.

Durante os tempos de incubação, a concentração de N foi superior nas frações Eucalyptus. (Figura 6.44 A).

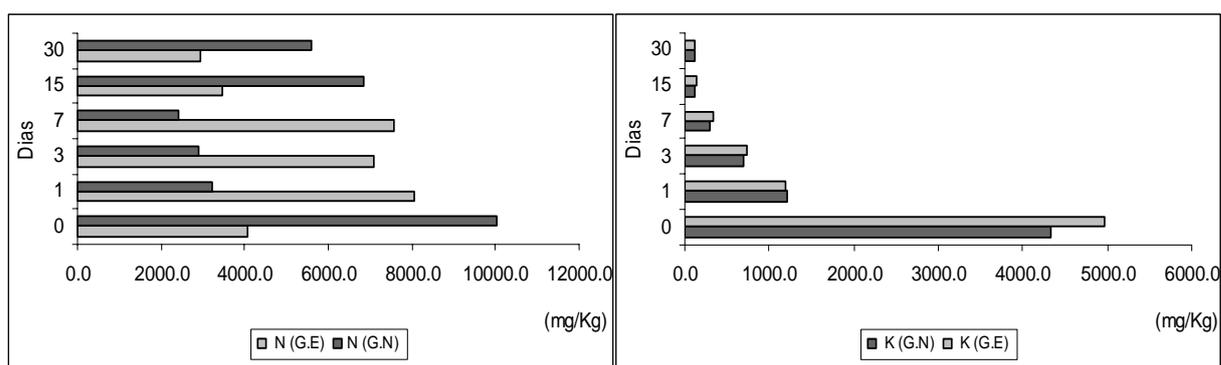
Os resultados das concentrações de bases (K, Ca, Mg) indicaram maiores concentrações nas frações Eucalyptus (Figura 6.44 b, c, d). As médias das concentrações são mostradas na tabela 6.41. As folhas de Eucalyptus apresentaram em seus tecidos 9965,29 $\mu\text{g/g}$ de cálcio, seguido do K (1319,77 $\mu\text{g/g}$) e do Mg (1224,90 $\mu\text{g/g}$), valores superiores aos obtidos para as folhas de nativa.

Para os metais, com exceção do Boro, as concentrações foram superiores nas folhas de nativa. (Figura 6.44 e, f, g, h, i, j). As folhas de nativa apresentaram em seus tecidos maiores concentrações de metais em comparação as folhas de Eucalyptus. Do elemento que exibiu máxima concentração ao que apresentou menos, a ordem foi a seguinte: Fe > S > Mn > Zn > Cu. (Tabela 6.40).

Tabela 6.40: Concentração média de bases, metais e nitrogênio no tecido vegetal de folhas e galhos de espécies nativa e *Eucalyptus* calculadas entre os tempos de incubação.

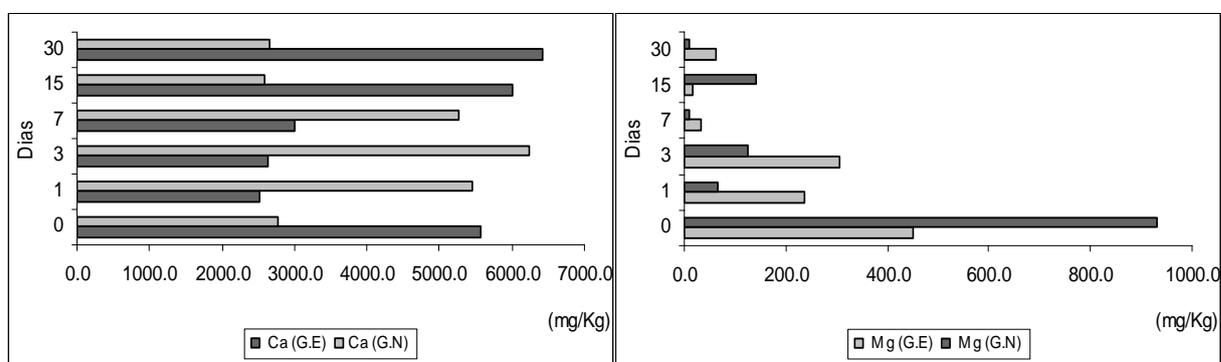
Tempo (dias)	Fração	N μg/g	K μg/g	Ca μg/g	Mg μg/g	S μg/g	Cu μg/g	Zn μg/g	Fe μg/g	Mn μg/g	B μg/g
0-90	F.E	15550.77	1319.77	9965.29	1224.90	1257.22	3.2	20.4	1247.9	312.6	29.3
0-90	F.N	14625.69	955.43	5495.44	956.29	1651.76	6.6	24.3	1710.2	212.6	39.2
0-90	G.E	5342.88	777.75	4247.83	170.21	668.44	6.1	26.8	422.1	464.7	18.3
0-90	G.N	5030.58	719.76	4016.11	151.66	506.47	4.5	25.2	197.1	376.4	20.3

Como anteriormente, os resultados das concentrações de bases, metais e nitrogênio no material vegetal do litter, são mostrados nos gráficos abaixo, ao mesmo tempo em que é feita uma comparação entre as frações galhos das espécies de nativa e *Eucalyptus*.



a)

b)



c)

d)

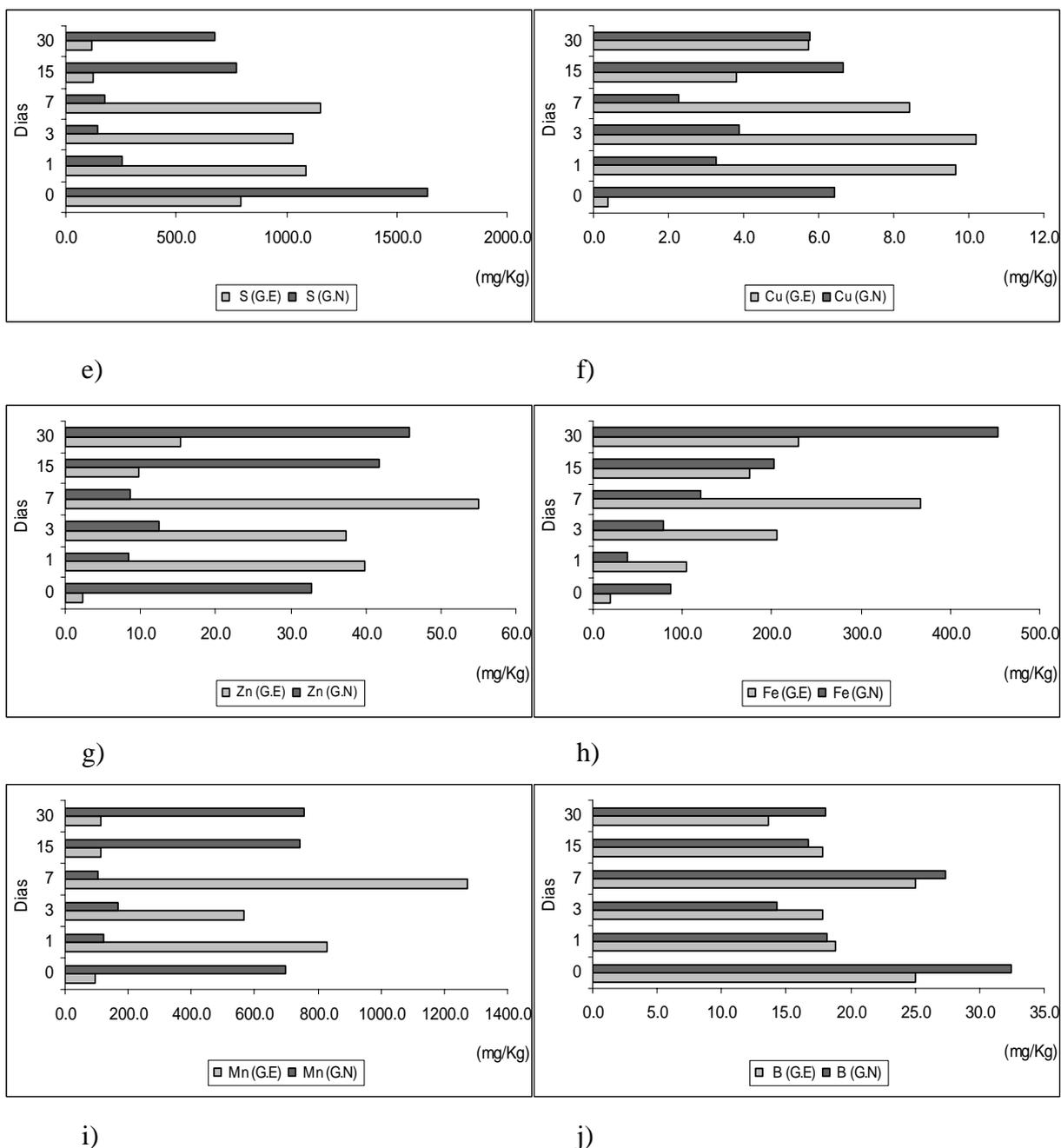


Figura 6.45: Comparação da concentração de nutrientes entre galhos de Eucalyptus e galhos de nativa. a) Nitrogênio, b) Potássio, c) Cálcio, d) Magnésio, e) Enxofre, f) Cobre, g) Zinco, h) Ferro, i) Manganês, j) Boro.

As concentrações de nitrogênio também se mostraram superiores nos galhos de Eucalyptus. (Figura 6.45 a). Em termos médios a fração Eucalyptus apresentou em seus tecidos 5342,88 $\mu\text{g/g}$ contra 5030,58 $\mu\text{g/g}$ analisadas nos galhos de nativa.

As bases novamente exibiram maiores concentrações nos galhos de espécies Eucalyptus. A ordem das concentrações mais elevadas foram: $Ca > K > Mg$. (Figura 6.45 b, c, d).

As concentrações de metais na fração galhos foram superiores nos tecidos dos galhos de Eucalyptus, exceto o boro que se apresentou em maior quantidade nos galhos de nativa. (Figura 6.45 e, f, g, h, i, j).

Analisando as médias das concentrações dos metais estes se apresentaram na seguinte ordem de maior concentração nas folhas de Eucalyptus: $S > Mn > Fe > Mg > Zn > Cu$.

Apesar dos resultados de Mann Whitney apontarem que todas as concentrações de nutrientes aqui mencionadas foram iguais para as frações folhas e galhos entre os diversos tempos de incubação, a composição química das frações mostrou que, especialmente, as concentrações de N foram maiores nas frações Eucalyptus comparadas às frações nativa. O experimento de decomposição indicou que ha uma grande quantidade (>15550 ppm N) nas folhas de Eucalyptus e (5342 ppm N) em seus galhos. Apesar das quantidades de N em galhos nativa (5030 ppm N) e folhas (14625 ppm N) serem quantidades próximas, a maior parte do litter na bacia vem obviamente do Eucalyptus, pois a bacia é predominantemente florestal.

Os resultados mostraram que a deposição alóctone pode ser fonte de N. Isso é verdadeiro, pois Sabará (2007) estimou a produtividade anual de litter em áreas de plantio de Eucalyptus no médio rio Doce e encontrou (8258,47 Kg/ha/ano) para mata nativa e (6537,28 Kg/ha/ano) para Eucalyptus. Lima (1993), encontrou ainda, que, a deposição anual do folheto varia com as condições climáticas, sendo maior em climas tropicais do que em climas temperados frios. Do total depositado, cerca de 60 a 80 % são folhas.

7. CONCLUSÕES

7.1 Variáveis físicas e químicas da água

As temperaturas dos córregos florestais estão diretamente ligados à fatores estruturais como topografia, altitude, exposição e quantidade de radiação solar e também as distintas condições de cobertura dos córregos, pela vegetação ciliar. As temperaturas mais elevadas ocorreram durante as chuvas e se apresentaram em valores maiores na microbacia Milagres.

O pH mostrou-se pouco afetado pelo uso dos solos, não sendo verificadas grandes variações nos córregos florestais, exibindo valores mais baixos na microbacia Vai e Volta. As águas das microbacias encontravam-se levemente ácidas durante toda pesquisa, fato que sugere influência da mata ciliar que pode ter contribuído com poucos ácidos orgânicos. Em termos sazonais, não houve grande variação do pH, mas apresentou-se levemente inferior na estação chuvosa nas microbacias.

Por sua vez, as concentrações de O_2 dissolvido sofreram influência da temperatura, com menores concentrações e porcentagens de saturação, registradas na microbacia Milagres quando comparadas a Vai e Volta. O córrego da microbacia Milagres quase sempre apresentou baixos teores de oxigênio dissolvido. No aspecto sazonal, as concentrações de oxigênio dissolvido foram levemente superiores na estação seca, observado para os dois pontos, e as concentrações mais elevadas foram registradas em Vai e Volta. Além da temperatura, também a altitude influenciou na solubilidade de oxigênio, pois a maiores altitudes, os corpos d'água apresentam menores concentrações e saturações em dependência da pressão atmosférica do local.

As maiores leituras de condutividade elétrica foram registradas em Milagres, refletindo maior concentração de nutrientes dissolvidos na água, especialmente metais como pôde ser comprovado pelas análises de concentração de metais na água. Contudo os valores de condutividade foram inferiores na microbacia Vai e Volta, refletindo menor concentração iônica. Nos dois ambientes, a tendência sazonal foi uma elevação nos valores de condutividade durante as chuvas, como resultado do carreamento de substâncias dissolvidas para o curso d'água.

O potencial redox foi positivo em quase todas as amostragens, refletindo o estado oxidante como predominante. A condição redutora ocorreu somente no mês de novembro na microbacia Milagres. Sazonalmente, os maiores valores de potencial redox foram observados durante a estação seca para Milagres, onde as médias computadas foram superiores. Em Vai e Volta, o potencial redox foi observado em maiores valores, especialmente durante as chuvas, provavelmente devido a liberação de elétrons na água.

As concentrações de STD foram baixas nas duas microbacias, devido à falta de chuvas, com concentrações mais altas observadas em Milagres. Em relação às variações sazonais, as maiores concentrações foram registradas na época de chuva nas duas microbacias. No mês de dezembro de 2006, foi medida uma elevada concentração em Vai e Volta, que ocorreu em resposta as precipitações. Tal fato justifica também o alto valor de condutividade neste período, variável correlacionada diretamente pelos sólidos totais dissolvidos.

A salinidade, variável influenciada pelas precipitações e que refletem a composição química das formações rochosas da região ou um acelerado ciclo de nutrientes, mostrou-se superior no período chuvoso na microbacia Vai e Volta. Para Milagres os maiores valores foram observados na estação seca. De acordo com os

resultados, Milagres possui uma composição mais rica em sais na água, com mais íons solúveis. Isso é particularmente verdadeiro, pois, as concentrações de metais analisadas foram mais significantes nesta microbacia.

7.2 Química das águas e exportação de nutrientes

As concentrações de nitritos estiveram abaixo do limite de detecção do método adotado durante todo o período de coletas, exceto julho/2007 para os córregos das duas microbacias. Isso acontece em ambientes oxigenados, onde o nitrito é rapidamente oxidado a outras formas.

Em todas as amostragens, as concentrações de nitrato se mostraram superiores durante a estação seca. Devido à competição com algas e outros vegetais, as águas naturais apresentam baixas concentrações de nitrato. Em Vai e Volta, o nitrato foi a forma predominante do nitrogênio inorgânico dissolvido e para Milagres, a amônia.

As concentrações de amônia se mostraram mais elevadas em Milagres. Foi observada nas microbacias florestais uma tendência no aumento das concentrações a partir da estação seca. O predomínio de NH_4^+ sobre o NO_3^- na fração inorgânica de nitrogênio, verificado no córrego de Milagres, não é a tendência usual. Essas significativas quantidades de NH_4^+ , podem ser encontradas onde há processo de decomposição de matéria orgânica. Tal fato pode estar ocorrendo na microbacia Milagres.

Os resultados obtidos não apontaram uma tendência de maior concentração de N nas formas orgânicas dissolvidas, pois estas foram baixas, provavelmente por ser uma forma de perda de nitrogênio dos ecossistemas. O NOD foi levemente superior para o córrego florestal de Milagres e sazonalmente, as concentrações

dessa forma foram maiores durante a estação seca, verificado para as duas microbacias.

A concentração de nitrogênio orgânico estava em sua maior parte na forma particulada. A hipótese era que fração orgânica do nitrogênio total, estivesse em grande parte dissolvida, mas tal fato não ocorreu, pois com base nos cálculos de descarga, o nitrogênio nas microbacias, está sendo exportado na forma particulada. Dentre as formas inorgânicas, o nitrato foi o nutriente em maiores quantidades de exportação. Em termos sazonais, as maiores variações ocorreram durante as chuvas. Porém as maiores concentrações de NOP ocorreram na estação seca para as duas microbacias.

No balanço global das concentrações de nitrogênio total, que considera as frações orgânicas e inorgânicas, as variações entre as concentrações máximas e mínimas foram superiores durante o período chuvoso, mas, as concentrações médias foram mais elevadas na estação seca. Tal comportamento foi observado para as duas microbacias.

Os valores de turbidez foram superiores no córrego florestal da microbacia Milagres. Sazonalmente, a turbidez se mostrou em níveis mais elevados no período chuvoso, pois reflete a maior concentração de sólidos suspensos que foram carregados para córregos, especialmente durante a ocorrência de precipitações.

As concentrações de sólidos suspensos se mostraram superiores em Milagres e sazonalmente, as médias foram maiores na estação da seca para as duas microbacias. O aumento de sólidos suspensos durante a seca, provavelmente é efeito do arraste de material oriundo de estradas até o curso d'água.

A concentração de clorofila a, durante a pesquisa foi levemente superior em Vai e Volta. Do ponto de vista sazonal, as medianas de clorofila exibiram-se superiores no período da seca, observado para as duas microbacias, isso é faz relação direta com quantidade de luz disponível no ambiente, distribuição e crescimento de algas.

Segundo os resultados das análises de bases, a ordem de abundância foi a seguinte: (K > Mg > Ca) para Vai e Volta e para Milagres: (Mg > Ca > K). Sazonalmente, exceto para Mg, as concentrações das bases foram mais elevadas durante a estação seca, período em que não ocorrem precipitações e o curso d'água é abastecido pelo lençol freático, que provavelmente está enriquecido com bases, que foram lixiviadas das próprias rochas da região, durante os períodos anteriores de precipitação.

Em relação às concentrações de metais a ordem de abundância encontrada nas microbacias foi: (Fe > Mn > Cu > Zn) para Vai e Volta e para Milagres: (Mn > Fe > Cu > Zn).

As concentrações médias dos metais analisados na água dos córregos, estão abaixo dos valores considerados toleráveis para águas de Classe 1, segundo a Deliberação Normativa Conjunta do COPAM/CERH-MG, Nº 01/2008, indicando uma ausência de contaminação por metais.

7.3 Perifíton

As algas clorofíceas do gênero (Spirogyra sp.) apresentaram em seus tecidos (15645,00 mg N/Kg), mostrando que a Spirogyra sp. é um excelente bioindicador, pois está espécie não fixa nitrogênio atmosférico, ela assimila o N presente na água,

que por sua vez, estava em concentrações altas, influenciada por uma série de fatores ambientais, como a concentração destes nutrientes na água e a relação N:P.

As algas mostraram também que possuem a capacidade de assimilar bases e metais em seus tecidos, pois refletem a composição química do meio. A ordem de abundância dos metais nas algas foi à seguinte: $Fe > Mn > Zn > Cu$, ou seja, a mesma ordem encontrada na água, com exceção do zinco, o qual não foi detectado na água. A base mais abundante foi o cálcio, seguida de potássio e magnésio correspondente também a mesma ordem de abundância encontrada na água do córrego florestal.

As populações de cianobactérias afloraram no mês de fevereiro de 2007, em Vai e Volta, sugerindo que a água estava mais básica e/ou mais rica em nitrogênio. Foi constatado a presença de um heterocisto desenvolvido pela alga no mês de agosto/2007, sugerindo que água estava mais pobre em nitrogênio.

Contudo, as cianobactérias estavam em condições pouco favoráveis, pois prefere pH básico, fator que justifica suas pequenas populações encontradas em Vai e Volta.

7.4 Litter

A decomposição do litter mostrou que em relação à perda de massa, as frações perderam massa ao mesmo tempo, mas as folhas de Eucalyptus apresentaram resultados mais relevantes do que as folhas de nativa. Para a fração galhos, a perda de massa se mostrou o oposto, ou seja, a fração nativa teve perda de massa superior à fração Eucalyptus durante os diferentes tempos de incubação.

Em relação aos níveis de polifenóis, entre a fração folhas, a espécie Eucalyptus e entre a fração galhos, a espécie de nativa liberaram mais polifenóis.

Os resultados das análises da composição química do material vegetal nos diferentes tempos de incubação mostraram que a decomposição alóctone pode ser fonte de N, pois a composição química das frações mostrou que as concentrações de N foram maiores, especialmente, nas frações Eucalyptus comparadas às frações de nativa. O experimento de decomposição indicou que existe uma grande quantidade de N nas folhas de Eucalyptus e em seus galhos. Apesar das quantidades de N em galhos e folhas serem quantidades próximas, a maior parte do “litter” na bacia vem obviamente do Eucalyptus, pois a bacia é predominantemente florestal.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A origem do excesso de nitrogênio é um problema global, é normalmente as grandes e elevadas entradas de nitrogênio na atmosfera se dão através das deposições seca e úmida, devido ao grande aumento da queima de combustíveis fósseis, do desmatamento e das queimadas para a formação de plantações, da expansão industrial que elevou a aplicação de fertilizantes, principalmente nitrogenados, que chegam até os cursos hídricos através das precipitações e do escoamento superficial e também pela fixação de nitrogênio pelas espécies vegetais dentro dos ecossistemas. A atenção que é dada ao ciclo do carbono, cujo efeito é aumento da temperatura global, deveria também ser dada ao ciclo do nitrogênio, cujo um dos maiores efeitos, por exemplo, é a eutrofização dos corpos d'água, que comprometem a qualidade das águas superficiais.

9. SUGESTÕES PARA CENIBRA S/A

1. Contenção da erosão na zona litorânea dos cursos d'água;
2. Evitar a travessia de cursos d'água com os veículos perturbando o sedimento.
Para tal, construir pontes e não usar manilhas ou outros métodos para escoamento da água, garantindo o contínuo fluvial;
3. Aumentar a faixa ciliar, pois os galhos das árvores de espécies de Eucalyptus, quando caem no corpo d'água, se decompõe mais rápido do que os galhos de espécie nativa, liberando mais nutriente (nitrogênio) para o curso d'água.
4. Implantar uma rede de monitoramento de qualidade de água utilizando algas como bioindicadores nas microbacias florestais, pois são de baixo custo e possibilitam resultados satisfatórios.

10. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

1. Avaliar e quantificar qual a principal fonte de N para as microbacias com plantações de Eucalyptus, especialmente pela análise da água de chuva e da água subterrânea;
2. Avaliar a relação temperatura vs. oxigênio dissolvido nas águas das microbacias, levando em conta os aspectos do relevo e condições climáticas das regiões.
3. Caracterizar a diversidade de algas presentes nesses ecossistemas e avaliar a possibilidade de uso como bioindicadores.
4. Estimar as taxas de desnitrificação nas microbacias florestais, cujo processo tem grande significado ecológico, pois é a partir dele que o N pode ser eliminado do ecossistema como N_2 e N_2O ;
5. Usar ensaios enzimáticos (e.g. atividade de nitrogenases), para avaliar as taxas de transformações no ciclo do N;

11. BIBLIOGRAFIA

ALBERTIN, G.M.; PATRIC, J.H. Water quality after clearcutting a small watershed in West Virginia. **Journal of environmental quality**, v.3, p.243-249, 1974.

ALEN, S. E.. **Chemical Analysis of Ecological Materials**. London: Blackwell Scientific Publications, 1989. 367 p.

ALLAN J. D. Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems. *Annu. Rev. Ecol. Evol., Syst.* 35, p. 257–284, 2004.

ALLAN, J.D. **Stream ecology. Structure and function of running waters**. New York: Chapman & Hall, 1995.375 p.

American Public Health Organization - APHA **Standard methods for the examination of water and wast-water**. (25^a ed). New York, 1995. 720 p.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Comitê da Bacia Hidrografia do Rio Doce. 2008. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/cbhriodoce/bacia/caracterizacao.asp.htm>> Acesso 25 de fev. 2008. 20: 40.

BAIRD, C. **Química Ambiental**. (2^a ed.) Porto Alegre: Editora Bookman, 2002.

BARBOSA, F.A.R. E COUTINHO, M.E. Taxa de decomposição do material alóctone “Litter” na Lagoa Carioca – Parque Florestal do Rio Doce, MG. **Revista Brasileira de Biologia**. Rio de Janeiro, v.47, p. 37-45, 1987.

BARBOSA, F.A.R.; SCARANO, F.R.; SABARÁ, M.G.; ESTEVES, F.A. Brazilian Lter: ecosystem and biodiversity information in support of decision-making. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 90, p.121–133, 2002.

BARRETO, A. S. **Estudo da distribuição de metais em ambiente lótico, com ênfase na assimilação pelas comunidades biológicas e a sua quantificação no sedimento e água**. 1999. 274f. Tese (Doutorado). – Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo.

BONILLA, A. L. C. **Balanço de nitrogênio em microbacias pareadas (Floresta vs. Pastagem) no estado de Rondônia**. 2005. 69 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

BORMANN, F.H.& LIKENS, G.E. Nutrient cycling. **Science**, v.155, p.424-429, 1976.

BROWN, G.W. **Forestry and water quality**. Corvallis:OSU Book Stores, 1976. 74p

CHAPIN III, F.S.; MATSON, P.A.; MOONEY, H.A. Principles of terrestrial ecosystem ecology. In: **Terrestrial Nutrient Cycling**. New York: Springer-Verlag, 2002, Cap.9, p.197–223.

CAMÂRA, C. D. **Critérios e indicadores para o monitoramento hidrológico de florestas plantadas**. 2004. 191 f. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, SP.

CAMPBELL, I.C. e FUCHSHUDER, L. **Polyphenols, condensed tannins, and processing rates of tropical and temperate leaves in na Australian stream**. The Noth American Benthological Society.1995.

CARVALHO, L. M. T.; SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A. D.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, L. T.; CAVALCANTI, H. C.; VARGAS FILHO, R. **Mapeamento da Flora Nativa e dos Reflorestamentos do Estado de Minas Gerais**. Lavras: Ed. Universidade Federal de Lavras. 2005. 88p.

CASTRO, P.S. **Influência da cobertura florestal na qualidade da água em duas bacias hidrográficas**. 1980. 107f. Tese (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CATTANEO, A. Algal seston and periphyton distribution along a stream linking a chain of lakes on the Canadian Shield. **Hydrobiologia**. v. 325: 183-192. 1996.

CAUX, A.C.P.S. **Aspectos ecológicos de um córrego urbano antes e após programa de remoção de fontes pontuais de poluição**. 2007. 109f. Dissertação (mestrado). Centro Universitário do Leste de Minas Gerais, Coronel Fabriciano.

CENIBRA S/A - Celulose Nipo-Brasileira. **Dados climatológicos**. Belo Oriente - MG, 2007.

CHORUS, I. & BARTRAM, J. Toxic Cyanobacteriain water: a guide to public health consequences, monitoring and management. **World Health Organization**. London and New York, 1999.

COSTA, G.S; RODRIGUES, A.C.G., CUNHA, G.M. Decomposição e liberação de nutrientes da serrapilheira foliar em povoamentos de *Eucalyptus grandis* no Norte Fluminense. **Revista Arvore**, v. 29, p. 563-570, 2005.

DALLAS, H. Water temperature and riverine ecosystems: An overview of knowledge and approaches for assessing biotic responses, with special reference to South Africa. **Water SA**, South África, v. 34, n. 3, p.1-12, 2008.

DELONG, M. D. e BRUSVEN, M. A. Storage and decomposition of particulate organic matter along the longitudinal gradient of an agriculturally-impacted stream. **Hydrobiologia**. v.262. p. 77-88. 1993.

DICK, W.J. & COOKE, J.G. Exotic forestry and its effectson water quality.. **Forest Service**, New Zealand: Rotorua, 1984. 11p.

EMMETT, B. A.; REYNOLDS, B.; STEVENS, P. A.; NORRIS, S.; HUGHES, J. G. & LUBRECHT, I. Nitrate leaching from afforested Welsh catchments - Interactions between stand age and nitrogen deposition. **AMBIO** v.22, n.(6): p. 386-394. 1993.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. (2ª ed.). Rio de Janeiro. Editora Interciência, 1998. 402p.

FACCO, A.G. **Modelagem e simulação do balanço hídrico em microbacias hidrográficas com florestas plantadas de eucalipto: influência das diferentes faces de exposição e graus de inclinação do terreno**. 2008. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viscosa.

GALLOWAY, J.N. The global nitrogen cycle: changes and consequences. **Environmental Pollution**. v.102, p.15-24, 1998.

GIBSON, M. T. **Hairs and phosphatase activity in *Stigeoclonium* (Chaetophorales, Chlorophyta)**. 1987. 208 p. (PhD Thesis) - University of Durham (UK), Durhan.

HIGASHI, E. O vinho sobre ótica da nutrição funcional. 2008. Disponível em: <http://www.ehnutri.com.br/art_vinho1.php.htm>. Acesso em: 13 out. 2008, 10:09.

HORNBECK, J. W.; BAILEY, S. W.; BUSO, D. C. & SHANLEY, J. B. Streamwater chemistry and nutrient budgets for forested watersheds in New England: variability and management implications. **Forest Ecology and Management**. v.93, n.(1,2), p.73-90. 1997.

HUSZAR V.L.M, SILVA L.H.S, MARINHO M, DOMINGOS P, SANT'ANNA C.L Cyanoprokaryote assemblages in eight productive tropical Brazilian waters. **Hydrobiologia**, v.424, p. 677-77, 2000.

JOHN, D. & WHITTON, B. A. **Guide to the practical methods for the study of natural algal populations**. Londres: The Natural History Museum, 1994.15 p.

JOHN, D. M.; WHITTON, B. A. **Freshwater. Algal Training Course**. Durgan: Department of Biological Sciences. University of Durhan. 1996.

JOHNSON, P.L. & SWANK, W.T. Studies in Cation Budgets in Southern Appalachian on Four Experimental with Contrasting Vegetation. **Ecology**, v.54, p. 70-80. 1973.

KARR, J. R. Biological Integrity: A long-neglected aspect of water resource management. **Ecological Applications**, n. 1(1), p. 66-84, 1991.

KARR, J. R. Defining and assessing ecological integrity - Beyond water quality. **Environmental toxicology and chemistry**, n. 2(9), p. 1521-1531, 1993.

KELLY, M. G.; PENNY, C. J. & WHITTON, B. A. Comparative performance of benthic diatom indices used to asses river water quality. **Australian Journal of Ecology**, v. 22, p. 125-134. 1994.

KIRKBY, C.A & BUCKERFIELD, J.C. Quantitative estimation of polyphenols from leaves of *Eucalyptus* species. **Notes on soil technique. CSIRO**, Canberra, v.2, p.83-88, 1975.

KOROLEF, F. Determination of nutrientes, In: GRASSHOFF, K., **Methods of sea Water Analysis**. Verlag. Clemie Weinhein,1976. p. 171-181.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia dos corpos d'água no estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento.** 2004. 235f. Tese (Doutorado). Instituto de biociências da Universidade de São Paulo, SP.

LEE, R. E. **Phycology.** (2. Ed.). New York: Cambridge University Press, 1989. 638 p.

LIKENS, G. E. & BORMANN, F. H. **Biogeochemistry of a forested ecosystem.** New York: Springer-Verlag, 1996.160 p.

LIKENS, G. E.; DIRSCOLL, C. T.; BUSO, D. C.; SICCAMI, T. G.; JOHNSON, C. E.; LOVETT, G. M.; RYAN, D. F.; FAHEY, T. & REINERS, W. A. The biogeochemistry of potassium at Hubbard Brook. **Biogeochemistry.** v. 25(2), p. 61-125. 1994.

LIKENS, G.E.; BORMANN, F.H.; PIERCE, R.S.; EATON, J.S.; JOHNSON, N.M. **Biogeochemistry of forested ecosystem.** New York: Springer-Verlag, 1977. 146p.

LIMA, W. P. E ZAKIA, M. J. B. Indicadores hidrológicos em áreas florestais. **Série Técnica IPEF**, v. 12, n. 31, p. 53 - 64. 1998.

LIMA, W. P. Impacto ambiental do Eucalypto. (2ed.). São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1993. 301p.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Monitoramento de Bacias Hidrográficas Em Áreas Florestadas. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v.10, n.29, p.11 – 21,1996.

MACCLAIN, M.E.; RICHEY, J.E.; PIMENTEL, I.P. Groundwater nitrogen dynamics at the terrestrial – lotic interface of a small catchment in the central Amazon Basin. **Biogeochemistry**, v.00, p. 1-15, 1994.

MACDONALD, L. H.; SMART, A. W.; WISSMAR, R. C. **Monitoring guidelines to evaluate effects of forestry activities on streams in the pacific northwest and Alaska.** Environmental Protection Agency, 1991. 166 p.

MACDOWELL, W. H.; BODWEN, W.B.; ASBURRY, C.E. Riparian nitrogen dynamics in two geomorphologically distinct tropical rain forest water sheds: subsurface solute patterns. **Biogeochemistry**, v. 18, p. 53-75, 1992.

MACKERETH, F. J. H.; HERON, J. e TALLING, J. F. **Water analysis: some revised methods for limnologists.** Cumbria, Inglaterra: Titus Wilson e Son Publ, 1978, 106p.

MARGALEF, R. **Limnologia.** Barcelona: Ed. Omega S.A, 1983. 1010p.

MARKER, J. **Chlorophyll a analysis.** Cambridgeshire: Institute of Freshwater Ecology, 1996. 23 p.

McDOWELL, R. W.; SHARPLEY, A. N.; CONDRN, L.M. et al. Processes controlling soil phosphorus release to runoff and implications for agricultural management. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.59, p.269-284, 2001.

MENDES, C.A.B. E LIMA, W. P. Análise de Impactos ambientais de florestas plantadas, no contexto de bacias hidrográficas: princípios norteadores. **IPABHi**, Taubaté, p. 263-270, 2007.

MINUZZI, R.B.; SEDIYAMA, G.C.; BARBOSA, E.M.; JÚNIOR, J.C.F.M. Climatologia do comportamento do período chuvoso da região sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.22, n.3, 338-344, 2007.

MORESCO, C. **Estrutura da comunidade de algas perifíticas, com destaque para cianobactérias, em reservatórios paranaenses**. 2006. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Maringá. Maringá.

MOSCA, A. A. O. **Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para monitoramento ambiental do manejo de florestas plantadas**. 2003. 83 f. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

MULHOLLAND, P.J. Regulation of nutrient concentrations in a temperate forest stream: Roles of upland, riparian, and instream process. **Limnol. Oceanogr.** v. 37(7), p.1512-1526, 1992.

NASA – NORTH AMERICAN AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION, 2008. Disponível em: <<http://www.worldwind.arc.nasa.gov.html>>. Acesso: ago. de 2008.

NEWBOLD, J. D.; ELWOOD, J. W.; SHULZE, M. S.; STARK, R. W. & BARMEIER, J. C. Continuous ammonium enrichment of a woodland stream: uptake kinetics, leaf decomposition, and nitrification. **Freshwater Biology**, v. 13, p.193-204,1983.

NOVDIN S.C.; VANMIEGROET, H.; LINDBERG, S. E.; NICHOLAS, N. S. & JOHNSON, D. W. Acid deposition, ecosystem processes, and nitrogen saturation in a high-elevation southern appalachian watershed. **Water and soil pollution**. v.85(3), p.1647-1652,1995.

OMERNICK, J.M. **Nonpoint source-stream nutrient level relationships: A nationwide study**. USA- Environmental Protection Agency (EPA), 1977. 450 p.

PAUL, E.A.; CLARK, F.E. **Soil microbiology and biochemistry**. San Diego: Academic Press, 1989. 272 p.

PERES, A.C. **Uso de macroalgas e variáveis físicas, químicas e biológicas para a avaliação da qualidade da água do rio Monjolinho, São Carlos, Estado de São Paulo**. 2002. 131 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de São Carlos, São Paulo.

RABALAIS, N. N. Nitrogen in aquatic ecosystem. **AMBIO**. v.31, n.2, p.102-112, 2002.

RANZINI, M. & LIMA, W. P. Comportamento hidrológico, balanço de nutrientes e perdas de solo em duas microbacias reflorestadas com *Eucalyptus*, no Vale do Paraíba, SP. **Scientia Forestalis**. v.61, p.144-159, 2002.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHORN, S.E. **Biologia Vegetal**. (6ª ed). Rio de Janeiro: Editora Guanabara, Koogan S. A. 2001.

ROSEMOND, A. D. Multiple factors limit seasonal variation in periphyton in a forest stream. **J. N. Am. Benthol. Soc.** v.13(3), p.333-344, 1994.

SABARÁ, M.G. **Avaliação dos impactos do plantio de *Eucalyptus* spp., sobre dois lagos naturais do sistema do médio rio Doce-MG: proposta de mitigação e manejo**. 1994. 154 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG, Belo Horizonte.

SABARÁ, M.G. **Comparação ecológica entre rios de menor ordem, drenando bacias cobertas por plantios agrícolas, pastagens e plantios de *Eucalyptus grandis*, na região do médio rio Doce (MG)**. 1999. 259 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos, São Paulo.

SABARÁ, M.G.; BARBOSA, F.A.R.; DEUSELES, J.F. Changes in allochthonous nutrient sources for a natural lake in southeast Brazil due to *Eucalyptus* spp. Plantations. **Scientia Forestalis**, São Paulo, n.73, p. 37-46, 2007.

SANTOS, A.C.; SALCEDO, I.H.; GALVÃO, S.R.S. Relações entre uso do solo, relevo e fertilidade do solo em escala de microbacia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.12, n.5, p.458-464, 2008.

SCHAFER, A. **Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais**. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985. 532p.

SMIL, V. Global population and the nitrogen cycle. **Scientific American**, v. 277, n.1, p. 76-81, 1997.

SOPPER, W.E. **Water quality in forested watersheds**. University Park: Pennsylvania State University / School of Forested Resources, 1974. 30p.

SOUZA, M. J. H.; RIBEIRO, A.; LEITE, H. G.; LEITE, F. P.; MINUZZI, R. B. Disponibilidade hídrica do solo e produtividade do eucalipto em três regiões da bacia do rio doce. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.3, p.399-410, 2006.

SPERLING, M.V. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. (3ª ed). Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2008. v.1. 2008.

STALLCUP, L. A.; ARDO'N, M. & PRINGLE, C. M. Does nitrogen become limiting under high-P conditions in detritus-based tropical streams? Institute of Ecology, University of Georgia, Athens, GA, 30602, U.S.A. **Freshwater Biology**, v. 51, p.1515–1526. 2006.

STEINMAN, A. D. & PARKER, A. F. Substrate conditioning on periphytic growth in a heterotrophic woodland stream. **J. N. Am. Benthol. Soc**, v. 9(2), p. 170-179. 1990.

STOREY, R. G. & COWLEY, D. R. Recovery of three New Zealand rural streams as they pass through native forest remnants. **Hydrobiologia**, v.353, p.63-76, 1997.

STRICKLAND, J. D. H. e PARSONS, T. R. **A practical handbook of seawater analysis.** (2 ed). Bull. Fish. Res. Can. v.167, p.1-310, 1968.

SWANSON, F. J.; SCATENA F. N.; DISSMEYER, G. E.; FENN, M. E.; VERRY, E. S.; LYNCH, J. A. Dissmeyer. G. E (Org). Watershed Processes – Fluxes of water, dissolved constituents, and sediment in Drinking Water from Forests and Grasslands – A Synthesis of the Scientific Literature. **USDA Forest Service** Southern Research Station, North Carolina: ed. Asheville, p. 26-41. 2000.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI. Enfrentando a escassez.** São Carlos: Rima Editora, 2003. 250p.

TUNDISI, J.G. & TUNDISI, T.M. **Limnologia.** São Paulo: Ed. Oficina de texto, 2008. 632p.

VITOUSEK, P. M.; MOONEY, H.A.; LUBCHENCO, J., MELILLO, J.M. Human domination of earth's ecosystems. **Science.** v. 277, p. 494-499, 1997a.

VITOUSEK, P.M.; ABER, J.P.; HOWART, R.W.; LIKENS, G.E.; MATSON, P.A.; SCHINDLER, D.W.; SCHLESINGER, W.H.; TILMAN, D.G. Human alteration of global nitrogen cycle: sources and consequences. **Ecological Applications**, v.7, n.3, p. 737-750, 1997b.

WALTON; B. M; SALLING M.; WYLES J. & WOLIN , J. **Biological integrity in urban streams: Toward resolving multiple dimensions of urbanization. Landscape and Urban Planning.** v.79, p.110–123, 2007.

WEBSTER, J.; MULHOLLAND, P.; TANK, J.MAURICE, H.; BRUCE, J.P; VALETT, W.D.;BOWDEN, W.B.; DAHN, C.N.; FINDLAY, S.; GREGORY, S. V.; GRIMM, N.B.; HAMILTON, S.; EUGENIAMARTI, J.; MCDOWELL, W.H.; MEYER, J.L.; MORRALL; D.D.; THOMAS S. A.; WOLLHEIM, W. Factors affecting ammonium uptake in streams—an inter-biome perspective. **FreshwaterBiology**, v. 48, p. 1329–1352, 2003.

WETZEL, R.G. **Limnologia.** Barcelona: Omega, 1981. 679p.

WETZEL, R.G. **Limnology.** New York: Saunders. 1982. 234p.

WETZEL R.G. Recommendations for future research on periphyton. In: Periphyton of freshwater ecosystems. **Developments in Hidrobiologia**, Dr. W. Junk Publishers., p. 339-341. 1983.

WETZEL, R.G. **Limnologia.** Lisboa: Ed. Fundação Calouste Goulbekian, 1993. 919p.

WHITTON, B. A. Diversity, ecology and taxonomy of the cyanobacteria. In: **Photosynthetic Prokaryotes.** New York: Department of Biological Sciences, University of Durhan, United Kingdom, DHI 3LE, 1992. 51p.

WHITTON, B. A.; KELLY, M. G.; HARDING, J. P. C.; SAY, P. J. **Use of plants to monitor heavy metals in freshwaters.** Londres: HMSO, 1991.

WHITTON, B.A.; KELLY, M. Use of algae and other plants for monitoring rivers. **Australian Journal of Ecology**, n.20, p. 45 – 56, 1995.

WHITTON, B. A.; YELLOLY, J. M.; CHRISTMAS, M. & HERNÁNDEZ, I. Surface phosphatase activity of benthic algae in a stream with highly variable ambient phosphate concentrations. **Verh. Internat. Verein. Limnol.** v.26, p.967-972, 1998.

WILLIAMS, M.R.; FISHER, T.R.; MELACK, J.M. Solute dynamics in soil water and ground water in a central Amazon catchment undergoing deforestation. **Biogeochemistry**. v.38, p. 303-335, 1997.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. New Jersey: Ed. Prentice Hall, 1996. 640p.

ANEXOS

Anexo 01 – Dados de precipitação referente ao mês de dezembro de 2006.

Dia	Precipitação (mm) Cocais	Precipitação (mm) Fábrica
01/12/2006	31.5	28.96
02/12/2006	0.25	0.25
03/12/2006	0	0
04/12/2006	0.25	0
05/12/2006	7.11	4.32
06/12/2006	0.25	6.6
07/12/2006	0.76	1.52
08/12/2006	31.5	17.02
09/12/2006	6.86	58.42
10/12/2006	20.83	26.16
11/12/2006	23.11	35.31
12/12/2006	11.68	19.81
13/12/2006	22.35	78
14/12/2006	11.94	5.59
15/12/2006	10.41	5.84
16/12/2006	46.99	23.11
17/12/2006	14.73	4.32
18/12/2006	0.25	0
19/12/2006	16	0.25
20/12/2006	10.67	0.25
21/12/2006	13.97	0.25
22/12/2006	0	0
23/12/2006	0	0
24/12/2006	0	0
25/12/2006	0	0
26/12/2006	37.85	33.02
27/12/2006	34.8	12.7
28/12/2006	40.13	8.64
29/12/2006	19.81	46.74
30/12/2006	2.79	3.3
31/12/2006	2.79	0

“Jamais considere seus estudos como uma obrigação, mas como uma oportunidade invejável para aprender a conhecer a influência libertadora da beleza do espírito, para o seu próprio prazer pessoal e para proveito da comunidade à qual o seu futuro trabalho pertencer.”

(Albert Einstein)

“Os que confiam no senhor são como os montes de Sião, que não se abalam, mas permanecem para sempre.”

(Salmos 125:1)

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)