

VARIÁVEIS SIGNIFICATIVAS DA QUALIDADE DA ÁGUA EM MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS EM ATIVIDADES SILVICULTURAIS

Benvindo Sirtoli Gardiman Junior*

Giovanni de Oliveira Garcia**

Roberto Avelino Cecílio***

Rodolfo Araújo Loos****

RESUMO: O objetivo da presente pesquisa foi investigar as variáveis de qualidade de água mais significativas dos possíveis impactos do manejo silvicultural em quatro microbacias hidrográficas. Monitoraram-se, para tanto, 30 variáveis de qualidade da água durante o período correspondente entre janeiro a junho de 2012, sendo que as coletas foram realizadas após as atividades silviculturais e, ou, ocorrência de chuvas. Relacionaram-se as características físicas e químicas da água à influência dos fatores pedoclimáticos e de manejo silvicultural, bem como à legislação vigente e, por fim, os resultados foram submetidos à estatística multivariada a fim de identificar, mais facilmente, as variáveis mais significativas da qualidade de água. Observou-se que as variáveis mais representativas da variação da qualidade da água estão relacionadas com os elementos naturais do solo, como os minerais, os sólidos e a acidez, e aos aspectos geográficos, como a salinidade. As atividades de silvicultura, de acordo com o modelo de manejo empregado, não refletiram nas variáveis de qualidade hídrica utilizadas nas condições estudadas.

PALAVRAS-CHAVES: Hidrologia florestal; Manejo silvicultural; Estatística multivariada.

* Engenheiro Ambiental, Mestre em Ciências Florestais. Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), Brasil. E-mail: benvindo.gardiman@ifes.edu.br

** Engenheiro Agrônomo, Dr., Depto. Engenharia Rural no Instituto Federal do Espírito Santo (UFES), Alegre, ES, Brasil.

*** Engenheiro Agrícola, Doutor. Docente do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Brasil.

**** Engenheiro Agrônomo, Doutor. Pesquisador em Ecofisiologia Florestal, Brasil.

SIGNIFICANT VARIABLES OF WATER QUALITY IN HYDROGRAPHIC MICRO-BASINS WITH SILVICULTURE ACTIVITIES

ABSTRACT: The most significant variables of water quality of possible impacts of silviculture managements in four hydrographic micro-basins are analyzed. Thirty variables of water quality have been monitored between January and June 2012. Data collection occurred after silviculture activities or after rainfall. The physical and chemical characteristics of water were related to the influence of soil-climate factors, silviculture management and current legislation. Results underwent multivariate statistics to identify the most significant variables of water quality. Results show that the most representative variables in water quality variation are related to the soil's natural elements, such as minerals, solids and acidity, and to geographic aspects, such as salinity. According to the management method employed, silviculture activities did not affect variables of hydric quality employed under these conditions.

KEY WORDS: Forest hydrology; Silviculture management; Multivariate statistics.

INTRODUÇÃO

Atualmente, a preocupação referente ao desenvolvimento da silvicultura está, dentre outras consequências, aos impactos sobre a qualidade das águas superficiais, pela exportação de nutrientes e sedimentos, pelo consumo de água pelo metabolismo das espécies arbóreas ou até mesmo pela contaminação do solo e água por agroquímicos, como o glifosato utilizado como princípio ativo dos herbicidas e a sulfluramida, empregada no princípio ativo das iscas formicidas (GUIMARÃES et al., 2010).

Os inúmeros processos que ocorrem dentro de uma bacia de drenagem de um corpo hídrico podem refletir sobre algumas variáveis de qualidade da água, sendo que estas se referem a uma série de parâmetros físicos e químicos que apresentam significado ambiental da influência direta da integridade da bacia hidrográfica (LIMA, 2008). Além disso, podem ser modificadas por diversos fatores atuantes, estando relacionadas diretamente com o uso e ocupação do solo, permitindo, muitas vezes, diagnosticar possíveis causas dos impactos ambientais sobre os recursos naturais (VON SPERLING, 2005).

Neste consenso, é interessante observar, no entanto, que para um monitoramento eficaz da qualidade da água, deve-se levar em consideração o significado ambiental das diferentes variáveis que a caracteriza e indica a sua qualidade (ANDRADE et al., 2007b; BRITO et al., 2006). Essas variáveis podem ser utilizadas para o controle e monitoramento das atividades desenvolvidas ao longo do curso d'água (BARROS et al. 2010), sendo possível, a partir dessas informações, inferir sobre as condições da bacia hidrográfica como um todo (VON SPERLING, 2005).

Desse modo, o objetivo principal deste trabalho diz respeito à busca pelas variáveis que melhor representam a variação dessa qualidade em escala espaço-temporal, decorrente, eventualmente das atividades desenvolvidas na microbacia.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido em quatro microbacias hidrográficas (MB's) de cabeceira ocupadas com plantios de eucalipto, sem influência urbana ou industrial, situadas no município de Aracruz - ES, entre 19°42' S e 19°54' S de latitude e entre 40°06' e 40°14' W de longitude, com altitude variando entre 10 a 50 metros e entre 2 a 15 km distantes do oceano Atlântico (Figura 1).

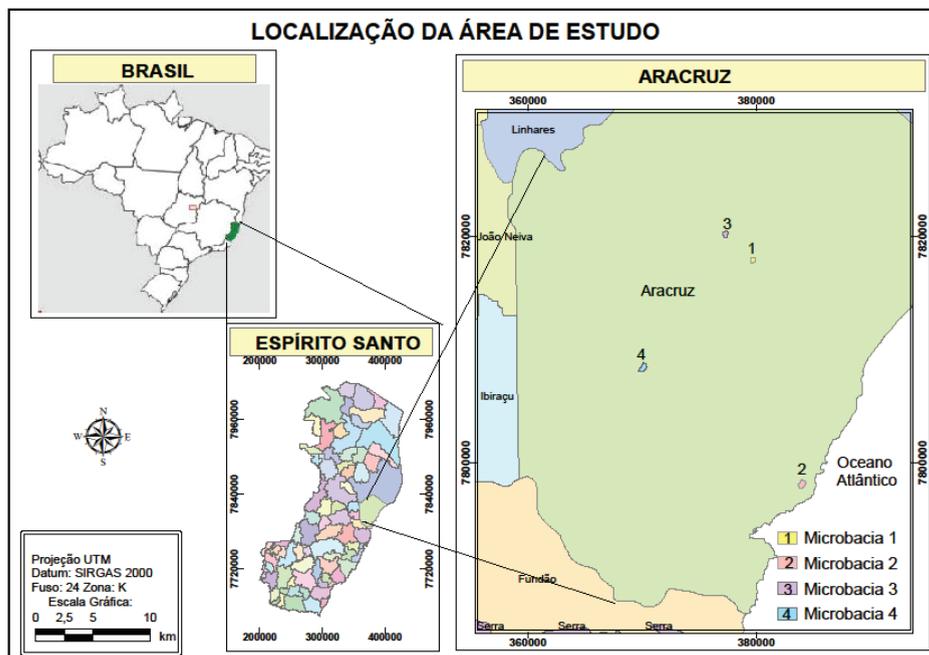


Figura 1. Localização da área de estudo na Fibria S.A. em Aracruz, ES.

2.2 MONITORAMENTO DAS ATIVIDADES SILVICULTURAIS E DA ÁGUA

Para minimizar as influências externas, buscaram-se microbacias hidrográficas (MB's) ocupadas por plantio de eucalipto, de modo que as variações da qualidade da água estivesse estritamente sujeitas ao efeito das atividades silviculturais (GUIMARÃES et al., 2008).

Durante cinco meses (jan a jun/2012) coletaram-se amostras após a realização das atividades de silvicultura (Quadro 1) e, ou, eventos de chuvas, exceto nas amostras testemunhas (sem qualquer intervenção silvicultural) que foram coletadas antes da realização de qualquer atividade de silvicultura e de eventos de precipitação, conforme relevância apontada por Armas et al. (2007). O monitoramento da precipitação foi realizado por meio de estações meteorológicas automáticas em todas as áreas do estudo e está apresentado na Tabela 5 em forma de intensidade de precipitação (IP).

Quadro 1. Atividades silviculturais avaliadas quanto ao impacto sobre a qualidade da água superficial em quatro microbacias hidrográficas no município de Aracruz, ES – Brasil

MB	Atividade	Descrição das atividades silviculturais
1	-	Testemunha (sem qualquer intervenção silvicultural)
1	2	Abertura de estradas, colheita e transporte
1	3	Limpeza manual de cepas e primeiro controle de formigas cortadeiras com distribuição de isca granulada à base de sulfuramida (0,03% de princípio ativo)
1	4	Segundo controle de formigas cortadeiras
2	-	Testemunha (sem qualquer intervenção silvicultural)
2	5	Roçada mecanizada
2	4	Primeiro controle a formigas cortadeiras
2	6	Segundo controle de formigas cortadeiras e abertura de estradas
2	7	Colheita mecanizada
3	-	Testemunha (sem qualquer intervenção silvicultural)
3	8	Primeiro controle de formigas cortadeiras, capina química pré-plantio e eliminação química da cepa, com aplicação de herbicida à base do sal de glifosato (1,5 Kg i.a. ha ⁻¹)
3	9	Eliminação química da cepa, capina química pré-plantio, subsolagem com adubação, limpeza da linha de plantio
3	10	Subsolagem com adubação e plantio
3	11	Plantio
3	12	Segundo controle de formigas cortadeiras
3	13	Capina química pós-plantio
3	15	Adubação de cobertura
4	-	Testemunha (sem qualquer intervenção silvicultural)
4	7	Colheita mecanizada
4	14	Primeiro controle de formigas cortadeiras, capina química pré-plantio, eliminação química da cepa, limpeza da linha de plantio, subsolagem com adubação e plantio
4	5	Roçada mecanizada

As amostras de água foram preservadas conforme procedimentos descritos na norma técnica NBR 9898 (ABNT, 1987). Os equipamentos utilizados bem como os métodos de detecção empregados seguem apresentados no Quadro 2.

Quadro 2. Variáveis analisadas e método utilizado para detecção, forma de preservação, prazo para análise, volume mínimo a ser coletado e frascos a serem utilizados em amostras para análises físico-químicas e microbiológicas segundo a NBR 9898 (ABNT, 1987)

(Continua)

Parâmetros	Equipamentos e métodos	Preservação	Prazo para análise	Volume mínimo	Tipo frasco
Alcalinidade total	Titulação – APHA (2005)	Refrigerar a 4°C	24 horas	200 mL	P ¹ , V ²
Amônio	Espectrômetro de plasma absorvância em chama - NBR 13810 (ABNT, 1997)	H ₂ SO ₄ conc. até pH < 2. Refrigerar a 4°C	24 horas	1000 mL	P ¹ , V ²
Metais (Ca, Cu, Fe, K, Na, Mg, S, Zn)	Espectrômetro de plasma absorvância em chama - NBR 13810 (ABNT, 1997)	HNO ₃ conc. até pH < 2	180 dias	1000 mL	P ¹ , V ²
Ânions (Cl, PO ₄ ⁻³ , SO ₄ ²⁻ , NO ₃ ⁻)	Cromatógrafo de íons – APHA (2005)	H ₂ SO ₄ conc. até pH < 2. Refrigerar a 4°C	48 horas	200 mL	P ¹ , V ²
Condutividade elétrica	Condutivímetro de eletrodo – ASTM (1995)	Refrigerar a 4°C	28 dias	500 mL	P ¹ , V ²
Cor	Espectrofotômetro – APHA (2005)	Refrigerar a 4°C	48 h	300 mL	P ¹ , V ²
DQO	Tubos de digestão – APHA (2005)	H ₂ SO ₄ conc. até pH < 2. Refrigerar a 4°C	7 dias	100 mL	P ¹ , V ²
Dureza em cálcio	Cálculo com base no cálcio	HNO ₃ conc. até pH < 2. Refrigerar a 4°C	180 dias	100 mL	P ¹ , V ²

(Conclusão)

Parâmetros	Equipamentos e métodos	Preservação	Prazo para análise	Volume mínimo	Tipo frasco
Dureza em magnésio	Cálculo com base no magnésio	HNO ₃ conc. até pH < 2. Refrigerar a 4°C	180 dias	100 mL	P ¹ , V ²
Glifosato	USEPA (1993) POP PA 032/300.1	Refrigerar a 4°C	7 dias	1000 mL	P ¹ , V ²
Oxigênio Dissolvido e Temperatura	Oxímetro	Não há	Imediato	-----	Não há
pH	pHmêtro – APHA (2005)	Refrigerar a 4°C	6 horas	200 mL	P ¹ , V ²
Sólidos Dissolvidos e Suspensos	Gravimétrico - APHA (2005)	Refrigerar a 4°C	7 dias	1000 mL	P ¹ , V ²
Sulfuramida	Wiley et al. (2007) HPLC.	Refrigerar a 4°C	300 dias	1000 ml	P ¹ , V ² Translúcido
Carbono Orgânico e Inorgânico Total	Analizador de TOC – APHA (2005)	H ₂ SO ₄ ou HCl até pH < 2. Refrigerar a 4°C	7 dias	100 mL	V ²
Turbidez	Turbidímetro - APHA (2005)	Refrigerar e manter ao abrigo da luz	24 horas	200 mL	P ¹ , V ²

¹ Polietileno² Vidro borossilicato.

Considerou-se relevante a investigação dos agroquímicos sulfuramida e glifosato por comporem o princípio ativo das iscas formicidas e do herbicida daninha, respectivamente.

2.3 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

Para suplantar o estudo, utilizaram-se as análises de solo mais recentes

realizadas pela empresa em pontos representativos dentro dos talhões das áreas monitoradas em duas profundidades distintas, 0-20 cm e de 20-40 cm para os parâmetros químicos: fósforo, potássio, cálcio, magnésio, acidez potencial (H+Al), matéria orgânica (MO) e pH. De posse dos valores acima foram calculados: soma de bases (SB); saturação de bases (V) e capacidade de troca catiônica a pH 7 (T) (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização química dos solos das microbacias hidrográficas (MB) monitoradas

MB	P	K	Ca	Mg	H+Al	Soma de bases	T	V	MO	pH
	-mg dm ⁻³ -		-----cmol _c dm ⁻³ -----					(%)	dag kg ⁻¹	
1	3,0	13,7	0,40	0,13	4,72	2,76	7,48	36,6	1,70	4,0
2	15,0	16,6	0,61	0,18	3,17	4,11	7,28	56,4	1,65	4,1
3	7,1	22,8	1,03	0,21	2,94	6,50	9,44	68,8	2,37	4,1
4	7,7	12,7	1,03	0,14	3,92	5,89	9,81	60,0	2,20	4,1

* Valores médios de análises realizadas pela empresa Fibria Celulose S.A.

2.4 ANÁLISE DOS DADOS

Utilizou-se, para comparação, a legislação pertinente à qualidade das águas superficiais que é a resolução Conama 357/05 (BRASIL, 2005), que trata da classificação das águas superficiais e diretrizes para o seu enquadramento, considerando-se classe 2 os cursos d'água com base no art. 42 (Quadro 3).

Quadro 3. Valores máximos permitidos para as variáveis de qualidade da água superficial de corpos hídricos classe 2 (Continua)

Variáveis	Valor máximo permitido
Cor	< 75 mgPt L ⁻¹
Turbidez	< 100 UNT
OD (em qualquer amostra)	> 5 mg L ⁻¹ O ₂

(Conclusão)

Variáveis	Valor máximo permitido
Fósforo total (ambiente lântico)	< 0,030 mg L ⁻¹ P
Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico)	< 0,050 mg L ⁻¹ P
Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	0,1 mg L ⁻¹ P
Sólidos dissolvidos totais	500 mg L ⁻¹
pH	6 - 9
Cloreto total	250 mg L ⁻¹ Cl
Cobre (dissolvido)	0,009 mg L ⁻¹ Cu
Ferro (dissolvido)	0,3 mg L ⁻¹ Fe
Nitrato	10,0 mg L ⁻¹ N
Nitrogênio amoniacal total	3,7mg L ⁻¹ N, para pH ≤ 7,5 2,0 mg L ⁻¹ N, para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 mg L ⁻¹ N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 mg L ⁻¹ N, para pH > 8,5
Sulfato total	250 mg L ⁻¹ SO ₄
Zinco total	0,18 mg L ⁻¹ Zn
Glifosato	65 µg L ⁻¹

Fonte: (BRASIL, 2005)

Para as demais variáveis de qualidade de água analisadas utilizaram-se para comparação os padrões de qualidade de água para irrigação proposto por Ayers e Westcot (1994) como segue apresentado na Quadro 4.

Quadro 4. Valores máximos permitidos para as variáveis de qualidade da água para irrigação (Continua)

Variáveis	Valor máximo permitido
Cálcio	< 400,8 mg L ⁻¹ Ca
Potássio	< 2 mg L ⁻¹ K
Magnésio	< 60,75 mg L ⁻¹ Mg
Sódio	< 68,94 mg L ⁻¹ Na

Fosfato	< 2,0 mg L ⁻¹ PO ³
Condutividade elétrica	< 0,7 μS cm ⁻¹

Fonte: (AYRES; WESTCOT, 1994)

Como as variáveis apresentam diferentes unidades de medida, antes de proceder as análises estatísticas, todos os dados de qualidade de água foram normalizados e correlacionados em matriz [R] em (p x p), sendo p o número de variáveis analisadas, utilizando-a posteriormente para proceder a Análise Fatorial e de Componentes Principais (AF/ACP), promovendo a eliminação daquelas menos significativas para representar a variação da qualidade das águas, conforme realizado em diversos trabalhos nessa linha (ALMEIDA; SCHWARZBORD, 2003; BRITO et al., 2006; ANDRADE et al., 2007ab; GIRÃO et al., 2007; LOPES et al., 2009; MOURA et al., 2010).

Os Componentes Principais foram calculadas de forma que a primeira componente principal explique o máximo da variabilidade total dos dados, denominado de fator “1”; a segunda explique o máximo da variabilidade total restante dos dados, sendo não correlacionada com a primeira, denominada fator “2”; a terceira, fator “3” explique o máximo da variabilidade total restante dos dados, sendo não correlacionada com a primeira e a segunda componentes, e assim sucessivamente (ANDRADE et al. (2007a), conforme Equação 1.

Não está se referindo aos componentes principais? Porque feminino?

$$f_k = \sum_{i=1}^p W_{ki} X_i = W_{k1} X_1 + W_{k2} X_2 + \dots + W_{kp} X_p \quad (1)$$

em que:

W_{ki} é o peso da *i*-ésima variável no *k*-ésimo fator;

X_i é o escore atribuído a cada variável, e;

p é o número de variáveis.

Para detecção das variáveis mais representativas rotacionou-se a matriz de cargas fatoriais pelo método *Varimax normalizada*, que possui como objetivo a simplificação máxima possível das colunas da matriz fatorial, ou seja, uma tendência de aproximação das cargas da matriz em próximas de 1 ou -1, eliminando valores intermediários conforme realizados por diversos autores da área (ANDRADE et al.,

2003; ANDRADE et al., 2007b; ANDRADE et al., 2007a; GIRÃO et al., 2007; LOPES et al., 2009; MONTEIRO; PINHEIRO, 2004).

Após selecionadas as componentes principais, dentro destas foram destacadas as variáveis que apresentaram coeficiente de correlação maior ou igual a 0,7 e menor ou igual a -0,7 com as componentes, representando as variáveis de maior significado ambiental.

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

A Tabela 4 apresenta os resultados das amostragens de qualidade da água analisadas nas quatro microbacias hidrográficas estudadas e as atividades monitoradas. As variáveis glifosato e sulfluramida encontram-se presentes em concentrações abaixo do limite de detecção do aparelho pelo método utilizado ($<0,01\text{mg L}^{-1}$).

É importante frisar que a não detecção do princípio ativo glifosato em amostras de água está relacionado à curta meia-vida deste pesticida, variando de oito a nove dias para argissolo vermelho-amarelo de textura média e de cerca de 12 dias para latossolo argiloso (GALLI; MONTEZUMA, 2005), demonstrando que a persistência desse herbicida nas condições de solos tropicais, em geral, é muito curta. Em relação ao uso de sulfluramida, cabe ressaltar que a aplicação deste agrotóxico na forma de isca, em baixa concentração (0,03% do princípio ativo) e em pequenas dosagens (em média 2 kg ha^{-1}) são os principais motivos do baixo risco de carregamento para o curso de água.

Quanto ao fosfato, não foi identificado em nenhuma amostra, entretanto, considera-se pertinente sua apresentação, haja vista mesmo em baixas concentrações pode causar impactos relevantes no meio. É importante ressaltar que este é pouco móvel em solo tropical e que as dosagens empregadas no manejo são calculadas de acordo com a demanda da cultura e carências deste elemento no solo. Além disso, existem evidências do papel das florestas nas áreas de preservação permanente quanto à retenção e diminuição do escoamento superficial (SLIVA et al., 2001; MCKERGOW et al., 2003).

As variáveis em destaque na Tabela 2 apresentam-se em desacordo com as normas citadas anteriormente.

Tabela 2. Resultado das variáveis de qualidade de água e intensidade máxima de precipitação (IP) em cada atividade monitorada nas microbacias hidrográficas (MB) estudadas

MB	Ativ	-----mg L ⁻¹ -----													Fosf	Ano	
		Ca	Cu	Fe	K	Mg	Na	P	S	Zn	Cl	CO	Clor	Nitr			Sulf
1	1	0,07	0,01	0,58	0,55	1,83	10,70	0,00	0,93	0,00	1,95	3,53	14,40	0,71	1,94	0,00	0,08
1	2	0,79	0,01	0,58	0,32	2,15	10,11	0,00	1,32	0,04	0,23	24,85	15,86	0,77	1,97	0,00	0,07
1	3	0,76	0,01	1,46	0,32	1,92	10,82	0,01	1,71	0,01	0,83	34,88	17,79	0,74	2,71	0,00	0,07
1	4	0,73	0,01	0,52	0,34	1,88	10,69	0,00	3,09	0,00	2,00	2,84	15,20	0,80	2,25	0,00	0,06
2	1	2,46	0,00	1,06	0,51	3,38	12,94	0,00	5,97	0,00	1,21	15,48	18,17	0,63	10,4	0,00	0,24
2	5	2,45	0,03	1,40	1,37	3,46	14,88	0,01	2,16	0,03	0,21	43,64	29,61	0,00	2,55	0,00	0,97
2	4	0,98	0,02	2,44	1,56	3,01	14,59	0,02	2,73	0,00	0,33	47,35	27,35	0,00	5,62	0,00	1,34
2	6	2,51	0,01	2,06	1,49	3,33	13,25	0,01	6,57	0,00	1,63	19,75	19,91	0,07	7,01	0,00	0,23
2	7	4,22	0,02	3,65	1,14	3,67	13,21	0,04	2,68	0,01	7,41	16,47	27,71	0,03	1,92	0,00	3,54
3	1	1,39	0,03	1,33	1,24	1,64	13,86	0,02	4,11	0,02	1,62	3,01	16,27	0,26	2,79	0,00	0,44
3	8	1,06	0,00	1,76	1,03	1,44	9,57	0,00	1,30	0,00	0,94	5,38	14,95	0,61	2,19	0,00	0,15
3	9	1,18	0,00	2,10	1,06	1,57	10,21	0,01	1,29	0,00	0,95	4,41	14,95	0,40	2,03	0,00	0,15
3	10	1,16	0,00	1,91	0,98	1,42	9,64	0,00	1,06	0,00	1,74	5,74	14,15	0,37	1,75	0,00	1,10
3	11	1,39	0,03	0,62	0,96	1,74	10,98	0,02	2,03	0,04	0,20	22,67	17,62	0,32	1,88	0,00	0,16
3	12	1,27	0,02	0,82	0,91	1,60	12,09	0,01	1,98	0,00	0,04	41,07	18,86	0,27	3,55	0,00	0,13
3	13	1,20	0,03	0,45	0,95	1,49	11,41	0,01	3,21	0,00	1,13	4,20	16,37	0,36	2,47	0,00	2,03
3	15	1,55	0,02	2,66	1,49	1,89	13,65	0,00	2,00	0,02	2,76	2,63	22,44	0,31	3,00	0,00	0,43
4	1	2,58	0,02	11,4	1,44	1,74	10,32	0,00	3,02	0,02	3,29	3,49	11,35	0,07	1,05	0,00	0,32
4	7	0,67	0,00	2,63	0,57	0,70	4,60	0,00	1,18	0,00	0,92	7,53	7,60	0,20	1,71	0,00	0,10
4	14	2,24	0,01	7,60	0,96	1,77	8,85	0,00	1,74	0,02	3,94	4,57	12,48	0,00	1,35	0,00	0,13
4	5	1,70	0,02	3,15	1,05	1,41	7,38	0,00	2,27	0,00	3,04	2,60	9,63	0,09	1,85	0,00	0,19
Limite		400 ²	0,009 ¹	0,3 ¹	2,0 ²	60,0 ²	68,94 ²	0,03 ¹	0,18 ¹	250 ¹	10 ¹	250 ¹	2,0 ²	3,7 ¹

(Conclusão)

MB	Ativ	Glif	Alca	CE	Cor	DQO	Dur. (Ca)	Dur. (Mg)	OD	SS	SD	Sufl	Tem	Turb	pH	IP*
		---mg L ⁻¹ ---	μS cm ⁻¹	mg(Pt) L ⁻¹	mg(Lt) L ⁻¹								°C	UNT		mm h ⁻¹
1	1	<0,01	4,31	0,07	20,67	18,68	0,18	7,54	3,87	2,5	38,5	<0,01	25,3	4,44	5,73	0,00
1	2	<0,01	4,75	0,08	8,03	1,57	1,97	8,87	4,40	1,0	49,0	<0,01	25,2	1,49	6,02	15,24*
1	3	<0,01	4,40	0,07	14,13	10,26	1,90	7,89	3,75	6,0	20,0	<0,01	25,7	3,79	6,02	3,05
1	4	<0,01	5,36	0,07	14,63	71,63	1,82	7,75	4,11	4,0	56,0	<0,01	24,1	4,95	6,07	30,48*
2	1	<0,01	4,98	0,11	94,83	52,13	6,14	13,94	0,37	15,0	158,	<0,01	24,0	87,70	5,55	0,00
2	5	<0,01	5,87	0,14	217,49	60,40	6,13	14,23	0,61	9,0	87,0	<0,01	23,9	4,86	5,90	24,38*
2	4	<0,01	4,82	0,11	207,80	75,38	2,44	12,39	0,65	11,0	82,0	<0,01	25,1	6,62	5,88	42,67*
2	6	<0,01	7,49	0,11	188,84	4,61	6,28	13,70	0,21	15,0	63,0	<0,01	23,3	12,00	6,20	42,67*
2	7	<0,01	21,88	0,14	152,11	59,49	10,55	15,11	0,60	18,0	56,0	<0,01	25,1	25,3	6,32	9,14*
3	1	<0,01	4,91	0,08	28,52	28,85	3,47	6,74	6,10	8,0	68,0	<0,01	27,0	7,19	6,54	0,00
3	8	NR	5,54	0,07	11,36	30,56	2,66	5,95	NR	5,0	81,0	NR	NR	18,30	6,45	60,96*
3	9	<0,01	7,07	0,07	33,01	16,19	2,94	6,46	NR	2,0	63,0	NR	NR	13,00	6,58	6,10
3	10	<0,01	5,66	0,07	18,81	15,88	2,90	5,86	3,88	4,0	30,0	NR	25,7	9,31	6,78	45,72*
3	11	<0,01	6,41	0,08	3,47	9,43	3,47	7,17	5,56	3,0	48,0	<0,01	29,2	7,63	6,25	15,24*
3	12	<0,01	6,39	0,08	25,02	8,83	3,16	6,58	6,88	3,0	31,0	<0,01	31,1	6,38	6,39	3,05
3	13	<0,01	6,05	0,08	13,62	8,05	2,99	6,12	7,60	3,0	78,0	<0,01	28,6	7,66	6,39	30,48*
3	15	<0,01	6,70	0,09	15,81	10,25	3,87	7,78	2,60	4,0	36,0	<0,01	23,8	8,66	5,95	9,14*
4	1	<0,01	6,53	0,06	20,78	8,78	6,43	7,18	4,50	60,0	18,0	<0,01	25,9	66,5	6,70	0,00
4	7	<0,01	1,62	0,04	26,76	26,61	1,67	2,88	2,66	13,0	89,0	<0,01	25,8	66,50	5,33	56,88*
4	14	<0,01	14,00	0,07	57,37	9,44	5,60	7,29	5,80	25,0	66,0	<0,01	23,3	34,50	6,47	7,11
4	5	<0,01	6,62	0,05	34,75	13,15	4,24	5,82	4,00	25,0	40,0	<0,01	23,0	29,5	6,07	12,19*
Limite		0,065 ¹	-----	0,7 ²	75,0 ¹	-----	-----	-----	5,0 ¹	-----	500 ¹	-----	-----	100,0 ¹	6-9 ¹	-----

MB – Microbacia hidrográfica; Ativ – Atividade monitorada pela coleta; ¹ Valor limite estabelecido pelo Conama 357/05 para classe 2; ² Valor limite estabelecido por Ayres e Westcot (1994). * Valores de intensidade máxima de precipitação (IP) acima da condutividade hidráulica para cada microbacia em solo saturado (ambos em mm h⁻¹), medida em intervalos de 5 minutos. NR – Amostragem não realizada.

A variável cobre apresentou concentrações superiores às da legislação em todas as MB's. Tais teores podem estar associados ao processo natural e à decomposição de substâncias húmicas. Para Cetesb (2012) e como também evidenciados por Campello et al. (2005), em concentrações elevadas, o cobre pode ser prejudicial à saúde e conferir sabor às águas, além de ocasionar morte de peixes por asfixia.

Quanto ao ferro, seus níveis acima do permitido pela legislação em todas as MB's podem estar associados ao tipo de solo da região, classificados pela Embrapa (2000) como Latossolo Amarelo e Argissolo Amarelo. Em tempo, é importante lembrar que o manejo dos solos das microbacias estudadas é do tipo cultivo mínimo, ou seja, com a menor interferência possível durante as operações silviculturais. Câmara e Lima (1999), em estudo, também atribuíram tal aspecto às características dos solos da microbacia estudada.

O fósforo alcançou teores acima dos padrões normativos, entretanto, apenas na atividade de colheita da MB2. Menciona-se que este ânion é transportado para os recursos hídricos principalmente pelo escoamento superficial (TOLEDO; NICOLLELA, 2002), especialmente à sua baixa mobilidade em solo, o qual pode ser transportado tanto na forma solúvel como particulada (ligada ao sedimento) (BARROS et al., 2010). Ressalta-se ainda que a MB2 possuiu solos com maiores concentrações deste nutriente (Tabela 1), e que esta teve a vazão reduzida consideravelmente durante a época de seca, influenciando na concentração deste e de outras variáveis, uma vez que, a MB4 também passou pela atividade de colheita e não teve o mesmo resultado refletido nesta variável.

Nas atividades florestais, Lima e Zakia (2006) salientam que a contribuição de fósforo na água pode acontecer por meio de adubações realizadas de forma inadequada. Por outro lado, as características naturais de baixas concentrações desse elemento fazem dessa variável um bom indicador da qualidade das operações florestais como foi observado neste monitoramento. A importância das contribuições agrícolas para as águas superficiais é reconhecida em diversos planos de gestão para melhorar a qualidade da água (ZAIMES; SCHULTZ, 2002).

A variável cor apresentou-se superior aos limites apenas na MB 2. Esta é proveniente da matéria orgânica como, por exemplo, substâncias húmicas, taninos e

também por metais como o ferro e o manganês (VON SPERLING, 2005). As mesmas considerações do fósforo, relacionadas à baixa vazão pode ser aplicada a esta variável.

O teor de oxigênio dissolvido (OD), abaixo da legislação na MB 1, 2, 3 e 4 em algumas coletas, expressa indiretamente a quantidade de matéria orgânica presente no meio (MOURA et al., 2010), sendo que a sua concentração está sujeita à decomposição das folhas das árvores presentes às margens dos cursos d'água. O elucidado pode ser evidenciado nas maiores concentrações médias de DQO e CO desta MB. A matéria orgânica biodegradável presente no meio hídrico pode consumir o OD, aumentando consequentemente a DQO (PALMA-SILVA et al., 2007; MOURA et al., 2010).

O pH também apresentou concentrações fora dos limites estabelecidos pela legislação, em pelo menos uma amostragem de cada microbacia. Tal fato também foi constatado por Guimarães et al. (2008; 2010) e pode ser ocasionado pela acidez natural dos solos das microbacias, como constata-se na Tabela 1 (caracterização química dos solos).

Na Tabela 3, observa-se em destaque a correlação igual ou superior a 0,7 entre as variáveis de qualidade de água analisadas. Os valores de dureza de cálcio e magnésio não foram considerados por apresentarem colinearidade, da mesma forma que as variáveis glifosato e sulfuramida, por se apresentarem abaixo do limite de detecção.

Tabela 3. Matriz de correlação (coeficientes de correlação de Pearson) entre as variáveis de qualidade da água nas quatro microbacias em manejo silvicultural em Aracruz, ES – Brasil

(Continua)

	Ca	Fe	K	Mg	Na	S	Cl ^a	Clor ^b	Nitr ^c	Sulf ^d	Alca ^e	CE ^f	Cor ^g	OD ^h	SS ^h
	-----mg L ⁻¹ -----											μS cm ⁻¹	mg(Pt) L ⁻¹	-----mg L ⁻¹ -----	
Ca	1,00														
Fe	0,46	1,00													
K	0,48	0,40	1,00												
Mg	0,63	-0,08	0,30	1,00											
Na	0,34	-0,23	0,49	0,72	1,00										
S	0,44	-0,02	0,27	0,53	0,46	1,00									
Cl	0,66	0,52	0,21	0,20	-0,05	0,03	1,00								
Clor	0,41	-0,26	0,44	0,80	0,86	0,19	0,03	1,00							

														(Conclusão)	
Ca	Fe	K	Mg	Na	S	Cl ^a	Clor ^b	Nitr ^c	Sulf ^d	Alca ^e	CE ^f	Cor ^g	OD ^h	SS ^h	
-----mg L ⁻¹ -----										$\mu\text{S cm}^{-1}$	mg(Pt) L ⁻¹	-----mg L ⁻¹ -----			
Nitr	-0,59	-0,52	-0,83	-0,19	-0,12	-0,12	-0,33	-0,25	1,00						
Sulf	0,19	-0,28	0,06	0,58	0,46	0,77	-0,25	0,32	0,08	1,00					
Alca	0,77	0,35	0,26	0,43	0,18	0,05	0,85	0,34	-0,42	-0,15	1,00				
CE	0,65	-0,18	0,41	0,94	0,80	0,43	0,19	0,90	-0,29	0,47	0,48	1,00			
Cor	0,53	0,01	0,53	0,84	0,56	0,42	0,09	0,73	-0,55	0,47	0,30	0,81	1,00		
OD	-0,42	0,02	-0,24	-0,75	-0,33	-0,35	-0,17	-0,53	0,20	-0,53	-0,15	-0,65	-0,76	1,00	
SS	0,52	0,93	0,37	0,04	-0,19	0,20	0,46	-0,27	-0,49	-0,10	0,25	-0,11	0,10	-0,09 1,00	

^aCl: Carbono inorgânico; ^bClor: Cloreto; ^cSulf: Sulfato; ^eAlca: Alcalinidade; ^fCE: Condutividade elétrica; ^gOD: Oxigênio dissolvido; ^hSS: Sólidos suspensos.

Foram observadas correlações significativas e positivas entre as variáveis CE-Na (0,80), CE-Clor (0,90) e CE-Mg (0,94). Resultados semelhantes foram encontrados em um estudo realizado sobre a qualidade da água na região Nordeste do Brasil (GIRÃO et al., 2007; ANDRADE et al., 2007a). Como se sabe, essas altas correlações são esperadas, uma vez que a CE expressa a quantidade de sais presentes na água. Em um estudo de caracterização química da água e sua variação espacial na Austrália, identificou-se que o sódio é o principal cátion presente na água (MCNEIL et al., 2005), sendo que sua maior concentração foi identificada em corpos hídricos mais próximos do litoral, em função do aporte salino causado pelos ventos (VON SPERLING, 2005). Além disso, a condutividade da água aumenta à medida que mais sólidos são dissolvidos (CARVALHO et al., 2000), coerente com o observado quanto à relação direta CE-Cor (0,81).

As correlações significativas entre Mg-Na (0,72), Mg-Clor (0,80) e Na-Clor (0,86) podem ter ocorrido em função das elevadas concentrações de carbonatos. Em águas superficiais com elevadas concentrações de carbonatos há tendência de precipitação do cálcio e do magnésio, sob a forma de carbonatos, aumentando assim a concentração de sódio, pela sua maior solubilidade em relação aos carbonatos de cálcio e magnésio.

A correlação significativa e negativa entre Nitr-K (-0,83) e a correlação não significativa entre Nitr-P (-0,35) contradiz algumas pesquisas que relacionam o uso de fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos na agricultura e o aumento das

concentrações desses elementos na água (BRITO et al., 2006; MOURA et al., 2010; BARROS et al., 2011). Alguns autores (SLIVA; WILLIAMS, 2001; LIMA, 2008; BARROS et al., 2010) atribuem tal fato à retenção desses compostos à preservação das Áreas de Preservação Permanentes (APP's), neste caso as de curso d'água.

A correlação positiva entre Cor-Mg (0,84) e Cor-Clor (0,73) pode ser explicada pelo estado coloidal destes compostos inorgânicos, que possuem propriedades e os efeitos de matéria em estado coloidal, interferindo na passagem da luz (CETESB, 2008). Já a correlação significativa entre Fe-SS (0,93) pode estar relacionada com o efeito do ferro na coagulação e floculação de sólidos dissolvidos (CETESB, 2008).

A correlação positiva entre Alca-Ca (0,77) e Alca-CI (0,85) ocorreu em função do efeito alcalino dos bicarbonatos (HCO_3^-) e carbonatos (CO_3^{2-}), componentes básicos dos carbonos inorgânicos (VON SPERLING, 2005).

Quanto à relação OD-Mg (-0,75), Von Sperling (2005) afirma que os cátions bivalentes, como é o caso do Mg^{2+} , em concentrações elevadas, aumenta o consumo de oxigênio, sendo representada pela menor incidência de espuma na água. Por outro lado, a correlação entre OD-Cor (-0,76) pode ocorrer em função da turbidez da água que dificulta a penetração dos raios solares e, conseqüentemente, menor produção de oxigênio pelas algas, diminuindo a contribuição fotossintética de oxigênio dissolvido (CETESB, 2008). Por outro lado, a correlação entre S-Sulf (0,77) já era esperada, pois o sulfato (SO_4^{2-}) é um variante do elemento enxofre (S).

Quanto as principais variáveis significativas da qualidade da água, observam-se na Tabela 6 os fatores determinados pelos componentes principais.

Tabela 6. Matriz das cargas fatoriais rotacionadas pelo algoritmo *Varimax* nos quatro componentes principais, comunalidades associadas, autovalores e variância unitária das variáveis de qualidade da água das quartas microbacias hidrográficas em manejo silvicultural em Aracruz, ES

(Continua)

Variáveis	Componentes extraídas			
	C1	C2	C3	C4
Clor	0,935	-0,126	0,118	0,174
Cor	0,861	0,270	-0,152	0,089
CE	0,845	-0,039	-0,031	0,351

(Conclusão)

Variáveis	Componentes extraídas			
	C1	C2	C3	C4
Mg	0,767	0,002	-0,144	0,306
CO	0,740	-0,080	-0,073	-0,351
Na	0,733	-0,121	0,341	0,060
Fe	-0,254	0,858	0,039	0,243
Nitr	-0,385	-0,798	-0,164	-0,152
SS	-0,225	0,873	-0,079	0,199
pH	-0,186	0,252	0,735	0,304
Cl	-0,088	0,287	0,031	0,910
Alca	0,217	0,181	0,121	0,897
Variância unitária (%)	25,22	13,98	8,28	14,28
Variância acumulada (%)	25,22	39,20	47,48	61,77

No primeiro fator (C1), representado por 25,21% da variância do total dos dados, corresponde às variáveis denotativas de sais na água: cloreto, cor, condutividade elétrica, magnésio, carbono orgânico e sódio.

O cloreto apresentado com o maior peso no componente C1 é o ânion Cl⁻ que se apresenta nas águas superficiais como importante indicador da poluição causada por descargas de esgotos sanitários. Entretanto, o aumento nas concentrações em águas superficiais de regiões costeiras, como o observado no presente estudo, pode ser ocasionado pela proximidade do oceano por meio da denominada intrusão da cunha salina (CETESB, 2008).

McNeil et al. (2005), estudando por meio da análise de agrupamento dados de qualidade de água superficial de cerca 30 anos de coleta, encontraram concentrações relativamente elevadas para o cloreto de sódio e magnésio, e baixas para cálcio e sulfato. Descobriram, ainda, que a localização geográfica e a proximidade dos oceanos têm maior impacto sobre os principais cátions e ânions, como observado também no presente estudo.

A variável cor, segunda variável mais representativa, está associada aos sólidos dissolvidos na água, que por ser caracterizada pelo carreamento dos solos influenciará juntamente com os cloretos a ascendência da Condutividade Elétrica.

No que se refere ao magnésio, Lima (2008) cita que os minerais mais comuns fornecedores de magnésio para as águas são: biotita, anfibólios e piroxênios. A presença do magnésio nas águas naturais pode estar associada aos carbonatos e bicarbonatos presentes no próprio solo.

A condutividade elétrica faz inferência sobre os sólidos solúveis e eletrólitos presentes no corpo hídrico. Provavelmente o incremento desta variável está associado à ação dos cloretos de sódio pela intrusão salina pelos ventos (VON SPERLING, 2005), visto que as áreas encontram-se a menos de 10 km do mar, como também observado por Costelloe et al. (2005), num rio efêmero da árida bacia do lago Eyre, na Austrália.

No segundo componente (C2), representando 13,98% da variação dos dados, as altas correlações das variáveis ferro e sólidos suspensos induz o enriquecimento das águas com sólidos suspensos.

É importante ressaltar que o fato de o ferro e sólidos suspensos se apresentarem na mesma componente, está relacionado ao processo de floculação da água, causado pelo carbonato ferroso aos sólidos presentes na água, tornando-os pequenos flocos. Esta relação observada é justificada com a presença da variável “cor”, causada pelos sólidos dissolvidos, na Componente 1 (CETESB, 2008).

O nitrato (NO_3^-) neste componente registrou alta correlação negativa, confirmando uma relação inversa com o carreamento de sedimentos e o ferro, ambos do próprio solo. O observado faz sentido uma vez que as MB's são ocupadas exclusivamente por plantio de eucalipto e ausentes de contaminação por carga orgânica que aportam esse parâmetro, provenientes de esgotamento sanitários, efluentes de criação intensiva de animais e demais atividades relativas à presença humana, excluindo assim, possíveis impactos antrópicos por tais cargas orgânicas.

No terceiro componente (C3) com 8,28% da variação total dos dados, o pH apresentou correlação superior a 0,7. O pH fornece indícios sobre a acidificação das águas das microbacias hidrográficas podendo ser alusivo à acidez dos solos das mesmas, indubitavelmente o único contribuinte. Almeida e Schwarzbord (2003) relatam que a variação do pH pode ser considerado um fator sazonal preponderante, representado pela variação na pluviosidade.

No quarto componente (C4) com 14,28% da variação dos dados estão representadas as variáveis que condicionam a alcalinidade na água (Carbono

inorgânico e alcalinidade). É importante ressaltar que os principais constituintes da alcalinidade ser os bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}) e hidróxidos (OH^-), sendo os bicarbonatos e carbonatos os elementos formadores do carbono inorgânico originário da dissolução de rochas carbonatadas (VON SPERLING, 2005). Estas formas estão fundamentalmente relacionadas com o pH do meio. A sua distribuição na coluna d'água é função de fatores bióticos (atividades dos organismos) e abióticos (o pH e a temperatura).

As variáveis que se manifestaram como mais representativas da qualidade analisada estão, em geral, associadas aos fatores naturais pedológicos. Alguns autores consideram que o observado no presente estudo, pode estar relacionado à preservação das APP's das MB's monitoradas, que por sua vez intensificam a retenção, diminui e filtra o escoamento superficial (SLIVA et al., 2001; McKERGOW et al., 2003; LIMA, 2008; BARROS et al., 2010). Neste sentido, acrescenta-se que não apenas a proporção de vegetação, mas a posição das áreas preservação influenciam na qualidade da água, no caso deste estudo as APP's de curso d'água (CHAVES; SANTOS, 2009).

Os resultados obtidos num monitoramento de talhões de diferentes idades de reflorestamento comparados às áreas de mata nativa, concluiu-se, preliminarmente, que a atividade da silvicultura não interfere de forma considerável na qualidade das águas superficiais (GUIMARÃES et al., 2008). Salienta-se, ainda, que as florestas plantadas oferecem evidências suficientes sobre a redução do escoamento superficial e a forma de gerir essas plantações, podendo beneficiar em longo tempo a quantidade e a qualidade da água (VANCLEY, 2009).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio dos dados coletados é possível suplantar que a variação da qualidade da água nas áreas estudadas está associada aos fatores relativos ao solo.

De um modo geral, as diferentes intensidades de precipitação não alteraram a qualidade da água das áreas estudadas.

As Áreas de Preservação Permanente (APP's) podem favorecer para a retenção de alguns nutrientes e manutenção da qualidade da água.

Entre todas as variáveis analisadas, as mais significativas da variabilidade espacial e temporal da qualidade da água das microbacias hidrográficas em manejo silvicultural foram: Cl, Cor, CE, Mg, CO, Na, Fe, SS, NO₃, pH, CI e alcalinidade, nessa ordem.

Os fatores mais significativos da qualidade da água nas microbacias hidrográficas monitoradas são os relacionados aos aspectos salinos, sólidos, acidez e alcalino, muito embora, é importante ressaltar que essas características são particulares em relação à área do estudo desenvolvido.

5 AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão de bolsa de mestrado e à Empresa Fibria Celulose S.A., pelo apoio na pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. A. B.; SCHWARZBOLD, A. Avaliação sazonal da qualidade das águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um Índice de Qualidade de Água (IQA). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 8, n. 1, p. 81-97, jan./mar. 2003.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th. APHA, 2005.

ANDRADE, E. M. de; ARAÚJO, L. F. P.; ROSA, M. F.; DISNEY, W.; ALVES, A. A B. Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.3, p.683-690, set./dez. 2007a.

ANDRADE, E. M. de; ARAÚJO, L. F. P.; ROSA, M. F.; GOMES, R. B.; LOBATO, F. A. O. Fatores determinantes da qualidade das águas superficiais na bacia do Alto Acaraú, Ceará. **Brasil. Ciência Rural**, v. 37, n. 6, nov./dez. 2007b.

ANDRADE, E. M. de; SILVEIRA, S. S.; AZEVEDO, B. M. de. Investigação da Estrutura Multivariada da Evapotranspiração na Região Centro Sul do Ceará pela Análise de Componentes Principais. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 8, n. 1, p. 39-44, jan./mar. 2003.

ARMAS, E. D.; MONTEIRO, R. T. R.; ANTUNES, P. M.; SANTOS, M. A. P. F.; CAMARGO, P. B.; ABAKERLI, R. B. Diagnóstico espaço-temporal da ocorrência de herbicidas nas águas superficiais e Sedimentos do rio corumbataí e principais afluentes. **Química Nova**, v. 30, n. 5, 1119-1127, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores: 9898. Rio de Janeiro, 1987. 22p.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. Water Quality for Agriculture. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 1994. (Serie: FAO Irrigation and Drainage Papers - 29) Disponível em: <<http://www.fao.org/DOCREP/003/T0234E/T0234E00.htm#TOC>>. Acesso em: 10 mar. 2012.

BARROS, Y. J.; KUMMER, L.; ORRUTÉA, A. G.; NUNES, T. MELLEK, J. E.; GOMES, M. R. J.; ANDREATTA, R. L.; FAVARETTO, N. Influência de diferentes usos e ocupações do solo na qualidade da água dos igarapés Piarara e Tamarupá, em Cacoal – RO. **Revista de Ciências Agrárias**, Manaus, v. 1, n. 53, p. 102-107, jan./jun. 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n° 357 de 17 mar. 2005. **Diário Oficial da União**, n° 053, 2005, seção 1, pág. 58-63. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 03 abr. 2012.

BRITO, L. T. de L.; SILVA, A. de S.; SRINIVASAN, V. S.; GALVÃO, C. de O.; GHEY, H. R. I. Uso de análise multivariada na classificação das fontes hídricas subterrâneas da bacia hidrográfica do Salitre. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 1, p. 36-44, 2006.

CÂMARA, C. D.; LIMA, W. L. Corte raso de uma plantação de Eucalyptus saligna de 50 anos: impactos sobre o balanço hídrico e a qualidade da água em uma microbacia experimental. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 56, p. 41-58, dez. 1999.

CAMPELLO, F. D.; BRAGA, C. F.; GONÇALVES, C. V.; GONÇALVES, C. S.; FUHRO, D.; SANTOS JÚNIOR, J. E. dos; RODRIGUES, G. G.; GUERRA, T.; HARTZ, S. M. Avaliação preliminar da qualidade das águas da Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 9-46, jan./dez. 2005.

CARVALHO, A. P.; SCHLITTLER, F. H. M.; TORNISIELO, V. L. Relação da atividade agropecuária com parâmetros físico-químicos da água. **Química Nova**, v. 23, n. 5, 2000.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas de amostragem**. Secretaria de Meio Ambiente, Governo do Estado de São Paulo, 2008. (Apêndice A, Série de relatórios).

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Variáveis de qualidade das águas**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/34-variaveis-dequalidade-das-aguas---old>>. Acesso em: 10 mar. 2012.

CHAVES, H. M. L.; SANTOS, L. B. dos. Ocupação do solo, fragmentação da paisagem e qualidade da água em uma pequena bacia hidrográfica. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 13, n. 6, p. 922-930, 2009.

COSTELLOE, J. F.; GRAYSON, R. B.; McMAHON, T. A.; ARGENT, R. M. Spatial and temporal variability of water salinity in an ephemeral, arid-zone river, central Austrália. **Hydrol. Process**, v. 19, p. 3147-3166, 2005.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de Pesquisa de Solos. **Levantamento generalizado e semidetalhado de solos da Aracruz Celulose S.A. no Estado do Espírito Santo e no Extremo sul do Estado da Bahia e suas aplicações aos plantios de eucalipto**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 93p.

GALLI, A. J. B.; MONTEZUMA, M. C. **Glifosato**: Alguns aspectos da utilização do herbicida na agricultura. São Paulo: ACADCOM, 2005. 67p.

GIRÃO, E. G.; ANDRADE, E. M.; ROSA, M. F.; ARAÚJO, L. F. P. MEIRELES, A. C. M. Seleção dos indicadores da qualidade de água no Rio Jaibaras pelo emprego da análise da componente principal. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 1, p. 17-24, 2007.

GUIMARÃES, R. Z.; GONÇALVES, M. L.; MEDEIROS, S. W. A silvicultura e os recursos hídricos superficiais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 56, p.79-85, jan./jun. 2008.

GUIMARÃES, R. Z.; OLIVEIRA, F. A.; GONÇALVES, M. L. Avaliação dos impactos da atividade de silvicultura sobre a qualidade dos recursos hídricos superficiais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 377-390, set. 2010.

LIMA, W. P. **Hidrologia Florestal aplicada ao manejo de Bacias Hidrográficas**. São Paulo: USP, 2008. 244 p.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. **As florestas plantadas e a água**: Implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento. São Carlos: Rima, 2006, 226 p.

LOPES, F. B.; ANDRADE, E. M. de; AQUINO, D. do N.; LOPES, J. F. B. Proposta de um índice de sustentabilidade do Perímetro Irrigado Baixo Acaraú, Ceará, Brasil. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 2, p. 185-193, abr./jun, 2009.

McKERGOW, L. A.; WEAVER, D. M.; PROSSER, I. P.; GRAYSON, R. B.; REED, A. E. G. Before and after riparian management: sediment and nutrient exports from a small agricultural catchment, Western Australia. **Journal of Hydrology**, v. 27, p. 253–272, 2003.

McNEIL, V. H.; COX, M. E.; PRED, M. Assessment of chemical water types and their spatial variation using multi-stage cluster analysis, Queensland, Austrália. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 310, p. 181-200, 2005.

MONTEIRO, V. P.; PINHEIRO, J. C. V. Critério para Implantação de Tecnologias de Suprimentos de Água Potável em Municípios Cearenses Afetados pelo Alto Teor de Sal. **Revista Economia Rural**, Rio de Janeiro, v. 42, n. 2, p. 365-387, abr./jun. 2004.

MOURA, L. H. A.; BOAVENTURA, G. R.; PINELLI, M. P. A qualidade de água como indicador de uso e ocupação do solo: Bacia do Gama – Distrito Federal. **Química Nova**, n. 33, n. 1, p. 97-103, 2010.

PALMA-SILVA, G. M.; TAU-K-TORNISIELO, S. M.; PIÃO, A. C. Capacidade de autodepuração de um trecho do rio Corumbataí, SP, Brasil. **Holos Environment**, v. 7, n. 2, p. 139-153, 2007.

QUEIROZ, M. M. F.; GOMES, C. I.; GOMES, S. D.; BOAS, M. A. V. Influência do uso do solo na qualidade da água de uma microbacia hidrográfica rural. **Revista Verde**, Mossoró, v. 5, n. 4, p. 200 - 210, out. /dez. 2010.

SLIVA, L.; WILLIAMS, D. D. Buffer zone versus whole catchment approaches to studying land use impact on river water quality. **Wat. Res.** v. 35, n. 14, p. 3462–3472, 2001.

TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agrícola**, São Paulo, v. 59, n. 1, p. 181-186, jan./mar. 2002.

USEPA - United States Environmental Protection Agency. Method POP PA 032/300.1. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography. 1993. 39 p.

VANCLAY, J. K. Managing water use from forest plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 257, n. 2, p. 385-389, 2009.

ZAIMES, G. N.; SCHULTZ, R. C. **Phosphorus in Agricultural Watersheds: A Literature Review**. Department of Forestry, Ames, Iowa, 2002.

Recebido em: 04/04/2015

Aceito em: 29/05/2017