Revista Brasileira de Climatologia
ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

OCORRÊNCIA DE NEVOEIROS EM UMA MICROBACIA EXPERIMENTAL NA SERRA DO MAR, CUNHA, SP

ARCOVA, Francisco Carlos Soriano – arcova@if.sp.gov.br
Eng. Florestal, Dr em Geografia Física, Instituto Florestal de São Paulo

GALVANI, Emerson – egalvani@usp.br
Geógrafo, Doutor em Agronomia, Universidade de São Paulo

RANZINI, Maurício – ranzini@if.sp.gov.br
Eng. Florestal, Dr em Engenharia Ambiental, Instituto Florestal de São Paulo

CICCO, Valdir de – valdircicco@if.sp.gov.br
Eng. Florestal, Doutor em geografia física, Instituto Florestal de São Paulo

RESUMO: No Parque Estadual da Serra do Mar, Cunha-SP, é comum a ocorrência de nevoeiros ao longo do ano. Nessa localidade encontra-se o Laboratório de Hidrologia Florestal Walter Emmerich-LHFWE, onde pesquisas sobre o ciclo hidrológico em Mata Atlântica são desenvolvidas desde 1980. Ainda na implantação do laboratório questionava-se sobre a possível influência do processo de interceptação dos nevoeiros pela floresta na entrada de água para as microbacias, e destacava-se a necessidade de realizar tais estudos no futuro. Assim, uma pesquisa minuciosa foi implementada com o propósito de se obter informações sobre a ocorrência de nevoeiros no LHFWE, e se esses apresentam potencial para influenciar a entrada de água na microbacia experimental "D". Este trabalho apresenta os resultados referentes à distribuição espacial e temporal de ocorrência dos nevoeiros nesta microbacia. Para tanto, realizaram-se observações de visibilidade de três referências visuais situadas a distâncias conhecidas no interior da área durante três anos. As observações foram efetuadas de um ponto localizado na saída da microbacia, que permitiu aos técnicos de campo do laboratório avistar o maior espaço a céu aberto da área. Os resultados mostraram que para 61,3% do tempo, em média, houve ocorrência de nevoeiro em algum setor da microbacia, com a nebulosidade diminuindo de montante para jusante da área. Os nevoeiros foram mais frequentes à tarde, como consequência da brisa marítima que é mais intensa nesse período do dia e que alcança a região, que está distante 15 Km da linha da costa. A incidência de nevoeiros foi maior na primavera.

PALAVRAS-CHAVE: nevoeiro, microbacia, Serra do Mar.

FOG OCCURRENCE IN AN EXPERIMENTAL CATCHMENT IN THE ATLANTIC FOREST IN CUNHA, BRAZIL.

ABSTRACT: In the Serra do Mar State Park, municipality of Cunha, São Paulo State, Brazil, is common occurrence of fog throughout the year. In this locality is established the Walter Emmerich Forest Hydrologic Laboratory-LHFWE where researchs on the hydrological cycle in the Atlantic Forest are held since 1980. When of the laboratory implantation, researchers questioned about the possible influence of interception of fog process through the forest the water input for the catchment, and highlighted the necessity to conduct such studies in the future. Thus, a research was initiated for the purpose of obtaining information on the occurrence of fog in LHFWE, and if these have the potential to influence water input in experimental catchment "D" (56.0 ha). In this paper are presents the results of the spatial and temporal distribution of occurrence of fog in this catchment. For this purpose visibility observations of three visual references located at known distances in the catchment were made during three years. The observations were made from a point located off the catchment, which allowed the laboratory technicians (observers) see the larger space in the open area. The results showed that 61.3% of the time on average was fog occurring in any sector of the catchment, with the decreasing amount of cloudiness downstream of the area.The fog was more frequent in the afternoon as a result of sea breeze that is more intense in this

time of day and reaching the area because it lies about 15 km from the coastline. Spring was the season with the highest incidence of fog.

KEYWORDS: fog, catchment, Atlantic Forest.

1. INTRODUÇÃO

Há uma considerável faixa tropical da Terra com condições climáticas e topográficas propícias à formação de nevoeiros regularmente. Em geral, são áreas de elevada altitude, localizadas próximas a costa, que sofrem influência de massas de ar úmidas provenientes dos oceanos e que experimentam nevoeiros persistentes ao longo do ano.

Normalmente, essas áreas apresentam florestas naturais bem desenvolvidas e, pelo fato de permanecerem frequentemente envoltas em nevoeiro e nuvens, recebem a denominação genérica de "florestas tropicais nebulares montanas"; em inglês "*tropical montane cloud forests*" (BRUIJNZEEL, 2001; BRUIJNZEEL; HAMILTON, 2001; BUBB et al., 2004).

As florestas nebulares correspondem a 2,5% da área total das matas tropicais do mundo, com uma superfície global de aproximadamente 380.000 km^2 (BUBB et al., 2004). No Brasil, elas se encontram, principalmente, na Serra do Mar, entre Santa Catarina e o Rio de Janeiro, em alguns setores da Serra da Mantiqueira, e no norte do país no alto dos planaltos e das serras, como o Pico da Neblina e o Monte Roraima.

Uma particularidade das florestas nebulares é que as copas das árvores podem interceptar a água dos nevoeiros e drená-la para o piso florestal. Assim, para essas localidades, a captação de água da atmosfera constitui-se em um importante processo do ciclo hidrológico das bacias hidrográficas (BRUIJNZEEL; HAMILTON, 2001; MCJANNET et al., 2006).

Inúmeros estudos sobre a avaliação do potencial hidrológico dos nevoeiros foram desenvolvidos nos últimos anos. Esses, usualmente, fazem uso de fontes instrumentais, como o emprego de algum tipo de coletor de água de nevoeiro (FRUMAU et al., 2011) ou aplicando o método do balanço hídrico do dossel florestal, onde vários processos hidrológicos são medidos (MCJANNET et al., 2006).

Em muitas pesquisas sobre o potencial hidrológico dos nevoeiros, as medições originadas de fontes instrumentais são complementadas por outros tipos de informações: as observações visuais. Como, normalmente, os estudos são realizados em áreas remotas, com as várias dificuldades inerentes a essa situação, as observações fogem a uma padronização metodológica e são feitas em conformidade com os recursos humanos disponíveis para cada caso e adaptadas às condições do sítio. Alguns estudos são apresentados a seguir.

Marzol (2002) fez uso de observações visuais realizadas por guarda-parques no Parque Rural Teno, nas Ilhas Canárias. Do alto de uma torre de

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

observação com vista panorâmica da área, os observadores registraram a localização e a frequência de ocorrência dos nevoeiros. Os métodos empregados foram:

- anotaram para cada hora do dia se o nevoeiro que passou pela torre de observação era "úmido", com as gotículas de água depositando-se na estrutura metálica, ou se era nevoeiro "seco", com baixa deposição de água sobre a estrutura, e

- anotaram em quatro horários do dia (7 h 00 min, 14 h 00 min, 18 h 00 min e 22 h 00 min) a localização do nevoeiro.

As observações possibilitaram conhecer quais eram os períodos de ocorrência de nevoeiro no setor mais elevado do parque, bem como a sua característica - nevoeiro "úmido" ou "seco". A partir dessas informações, concluiu-se que 11% dos dias tinham algum tipo de nevoeiro, que a maior frequência estava entre 15 h 00 min e 23 h 00 min e que os eventos com mais umidade tinham o pico entre as 19 h 00 min e 23 h 00 min. Também foi possível ter uma noção da distribuição espacial e temporal dos nevoeiros na área.

Cereceda et al. (2002) efetuaram observações diárias da presença ou ausência de nevoeiros em vários sítios, como parte de um projeto de pesquisa para determinar a origem e o "comportamento" desse fenômeno meteorológico no deserto de Atacama, no Chile. Sem detalhar os procedimentos adotados, destacaram que as informações subsidiaram os conhecimentos adquiridos com as coletas de água por coletores planos e medição de atributos climáticos, realizados em quatro campanhas de campo de quinze dias, no inverno e no verão.

Observações de nevoeiros também subsidiaram um amplo projeto de pesquisa científica que analisou a viabilidade de usá-los para suplementação hídrica de áreas rurais na costa oeste da África do Sul. Registros de intensidade dos nevoeiros ao longo de 30 anos foram feitos por operadores de três estações meteorológicas oficiais, a partir de observações diárias realizadas as 8 h 00 min, 14 h 00 min e 20 h 00 min. A intensidade dos nevoeiros foi representada por meio de códigos: 0, 1 e 2, indicando nevoeiro fraco, moderado e forte, respectivamente. Esses códigos foram abalizados na visibilidade horizontal, variando de 600 a 1000 m para nevoeiros fracos, 300 a 600 m para moderados e menos que 300 m para fortes. Os dados obtidos contribuíram para estabelecer um padrão de intensidade dos nevoeiros. Além disso, utilizou-se de informações obtidas por "observadores de nevoeiro" - um grupo de voluntários que se propôs a registrar a incidência e a duração dos episódios de nevoeiros. Os dados foram agregados a outros elementos estudados e contribuíram para a elaboração de um mapa de distribuição de nevoeiro naquele país (OLIVIER, 2002).

Como parte de uma investigação sobre a variação temporal e espacial dos nevoeiros nas montanhas Sudetes, no oeste da Polônia, Blás et al. (2002)

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

utilizaram dados de observação visual coletados no período de 1961 a 1990, em uma estação meteorológica da Universidade de Wroclaw, no Mt. Szrenica. O conjunto de dados incorporou observações horárias que continham características de nebulosidade e da intensidade dos nevoeiros, expressa pela visibilidade: (500 a 1000 m) nevoeiro fraco, (200 a 500 m) nevoeiro moderado e (abaixo de 200 m) nevoeiro denso. Algumas das informações obtidas foram:

- ocorrem, em média, 274 dias com nevoeiro ao ano;

- o tempo total de duração dos nevoeiros foi de 3900 horas/ano, que corresponde a 44,5% do ano;

- são observados, em média, 53 episódios de nevoeiro com duração diária ao ano;

- o mais longo episódio de nevoeiro teve duração de 371 horas (15,5 dias), e

- os nevoeiros muito densos prevalecem durante 86% do tempo em que esse fenômeno meteorológico ocorre.

No Parque Estadual da Serra do Mar, no município de Cunha-SP, é comum a ocorrência de nevoeiros envolvendo a floresta ao longo do ano. Nessa localidade encontra-se instalado o Laboratório de Hidrologia Florestal Walter Emmerich (LHFWE), onde pesquisas sobre o ciclo hidrológico em três microbacias experimentais recobertas com Mata Atlântica são realizadas desde 1980 (ARCOVA; CICCO, 2005). Ainda na implantação do LHFWE questionava-se sobre a possível influência do processo de interceptação dos nevoeiros pela floresta na entrada de água para as microbacias experimentais a serem implementadas e monitoradas, e destacava-se a necessidade de realizar tais estudos no futuro. Essa necessidade foi reiterada a medida que as investigações sobre o balanço hídrico foram sendo aprofundadas (ARCOVA, 1996). Resultados de um estudo preliminar desenvolvido por Anido (2002) indicaram uma possível contribuição dos nevoeiros para a entrada de água na floresta local. Arcova (2013) realizou pesquisa minuciosa com o objetivo de obter informações sobre a ocorrência de nevoeiros no LHFWE, e se esses apresentam potencial para influenciar a entrada de água na microbacia hidrográfica "D".

O objetivo do presente trabalho foi verificar a distribuição espacial e temporal de ocorrência dos nevoeiros na microbacia experimental "D" no período de três anos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Características gerais da área de estudo

O LHFWE está instalado no núcleo Cunha do Parque Estadual da Serra do Mar, no município de Cunha, estado de São Paulo, entre os paralelos 23º 13' 28'' e 23º 16' 10'' de latitude sul e os meridianos 45º 02' 53'' e 45º 05' 15'' de longitude oeste de Greenwich. Situa-se na vertente continental

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

e encontra-se, em linha reta, a quinze quilômetros da costa do litoral norte do Estado (FIGURA 1).

No local há predominância de espigões com cimos ondulados e traçados sinuosos, com altitudes que ultrapassam os 1000 metros e 15º de declividade, configurando a aparência de "mares de morros" ou de "meias-laranjas" (FURIAN; PFEIFER, 1986). As classes de níveis de altitude no núcleo Cunha são distribuídas, num plano geral, entre 1000 e 1228 metros (FURIAN, 1987).

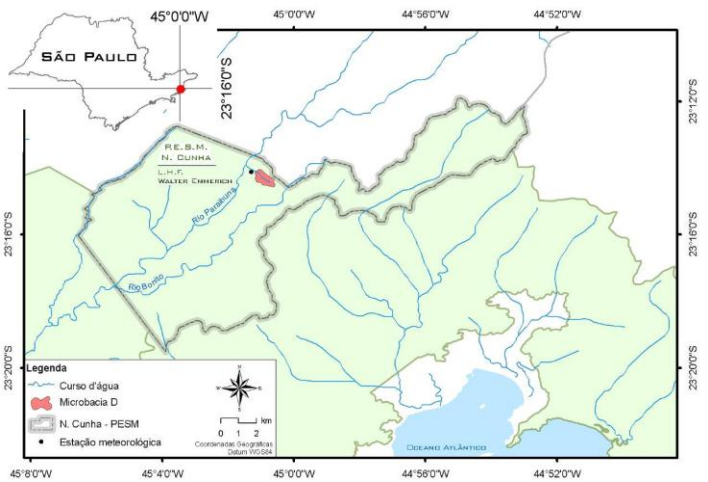


Figura 1. Localização do Laboratório de Hidrologia Florestal Walter Emmerich, Cunha, SP, e da microbacia experimental "D".

O local situa-se no clima regional caracterizado pelo predomínio das massas tropicais. As massas polares são pouco frequentes e conduzem à existência de um período menos úmido. A menor penetração do ar polar nessa área reduz a quantidade das precipitações. A diminuição progressiva das chuvas frontais de sul para norte conduz, em geral, ao bom tempo. Ainda, a proximidade da Serra do Mar com o Oceano Atlântico, nesse trecho do estado de São Paulo, é responsável pela existência de pluviosidade no inverno. Essa influência orográfica é principalmente exercida sobre a Massa Tropical Atlântica que, embora naquela estação tenda à estabilidade e ao bom tempo, produz chuva na orla litorânea (MONTEIRO, 1973).

O tipo climático da classificação de Köppen que prevalece no núcleo Cunha é Cwb: clima temperado chuvoso e moderadamente quente, com preponderância de chuvas em verões brandamente quentes (LUIZ, 2008).

A precipitação pluviométrica média anual no núcleo Cunha, obtida a partir da série histórica do período de maio de 1982 a dezembro de 2012 do pluviógrafo da estação meteorológica do LHFWE é de 2015,7 mm, com valor mínimo de 1491,3 mm e máximo de 3169,0 mm. As chuvas no período úmido (outubro a março) são normalmente concentradas e de elevada intensidade. No período menos chuvoso (abril a setembro), ocorrem chuvas mais uniformes,

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

que podem se estender durante o dia (JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY, 1986).

O regime da temperatura do ar na região pode ser assim descrito: os meses mais quentes são janeiro, fevereiro e março. A partir de abril há uma progressiva diminuição da temperatura média até julho, mês que, em geral, apresenta os menores valores, que eventualmente podem ser negativos. A partir de agosto as temperaturas aumentam gradualmente até dezembro (ARMANI, 2004). A temperatura média anual no núcleo, estimada com dados da série histórica do período de 1983 a 1998 é de 16,7 °C (CICCO, 2004).

A área apresenta elevada umidade relativa do ar ao longo do ano, como decorrência da proximidade com o Oceano Atlântico. Os maiores valores são registrados em janeiro, fevereiro e março e os menores em julho, agosto e setembro (ARMANI, 2004). A umidade relativa média mensal do ar nos meses úmidos está entre 80% e 85%, sendo inferior a 80% no restante do ano (JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY, 1986).

Com dados de velocidade e direção dos ventos obtidos entre 1980 e 1988 na estação meteorológica do LHFWE, Veneziani (2011) observou que o quadrante oeste (W) demonstrou a maior participação porcentual no total de fluxos com, aproximadamente, 17% do tempo. Seguindo a tendência de predomínio dos quadrantes interiores, NW apresentou cerca de 15%, seguido de perto por fluxos de N, cujo percentual foi de 13%. Os setores oceânicos, como E, SE e S, tiveram, por outro lado, contribuições menos expressivas comparativamente aos demais, constituindo pouco menos de 21% do todo de fluxos trabalhados, contrapondo-se ao que se esperava encontrar como predominante na região. Porém, nos três primeiros anos os ventos oriundos do litoral contribuíram mais efetivamente para o total dos fluxos atmosféricos, com os seguintes percentuais: 40%, 46% e 65%. Quando as direções foram analisadas sob o espectro da sazonalidade, constatou-se que, em geral, foram preferenciais as participações de ventos continentais nos meses de primavera, verão e outono, enquanto mostraram-se crescentes os fluxos marítimos durante o inverno. O ano de 1982 fugiu a tendência geral observada, quando os ventos oceânicos predominaram amplamente nas quatro estações, com participações que variaram de 61% a 67% em relação ao conjunto das direções.

O regime de velocidades dos ventos obteve média anual baixa, de 2 $m.s^{-1}$, concentrado na faixa de 1,0 a 1,5 $m.s^{-1}$. As velocidades médias mais intensas foram percebidas no verão e no outono, com pico em janeiro (2,1 $m.s^{-1}$) e as mais amenas no inverno e início da primavera (1,7 $m.s^{-1}$). Mais de 55% do total de dias tiveram ventos brandos, com valores entre 0,5 e 2,0 $m.s^{-1}$. Os ventos mais fortes foram incomuns, permanecendo na faixa de 6 a 7 $m.s^{-1}$ para não mais que 1% do tempo (VENEZIANI, 2011).

O núcleo Cunha sofre a ação de nevoeiros orográficos, que resultam do transporte do ar úmido do mar em direção ao continente pelos ventos da brisa

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

marítima que atua na região. Ao encontrar a escarpa da Serra do Mar o ar é forçado a subir adiabaticamente, sendo condensando em pequenas gotículas que se mantêm suspensas na atmosfera (Figura 2). Como decorrência destas condições, episódios de nevoeiros são frequentes nessa região (Figura 3), envolvendo todo o núcleo (ARCOVA, 1996). Ocorrem em associação com precipitações orográficas e chuvas ou garoas dirigidas pelo vento, mas também podem advir na ausência destas.

A despeito da grande frequência dos nevoeiros orográficos, os nevoeiros de radiação e de vapor também incidem com assiduidade no laboratório. Os primeiros normalmente começam no início da noite, quando as temperaturas diminuem e a umidade do ar aumenta e dissipam-se no alvorecer. São mais comuns no inverno e outono. Os segundos ocorrem nas primeiras horas da manhã, junto aos corpos d'água que existem no local.



Figura 2. Esquema simplificado dos mecanismos de formação de nuvens e nevoeiros orográficos na Serra do Mar, região de Cunha, SP.

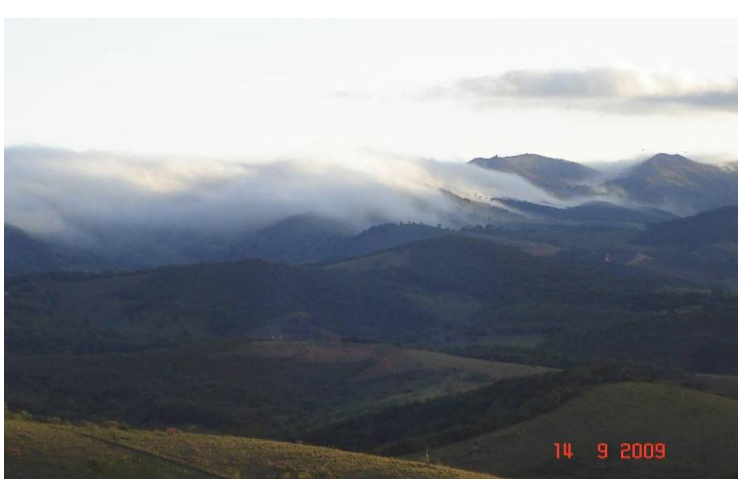


Figura 3. Ocorrência de nevoeiro orográfico na região de Cunha, onde está localizado o LHFWE. (Foto: do segundo autor)

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

Características da microbacia experimental "D"

A microbacia experimental "D" é drenada pelo córrego do Barracão, afluente do rio Paraibuna. Está localizada no extremo norte do núcleo Cunha. Com 56,0 ha de superfície, apresenta 183 m de amplitude hipsométrica, sendo a menor cota no nível de 1045 m e a maior em 1228 m (Figura 4). Suas principais características físicas são resumidas na Tabela 1.

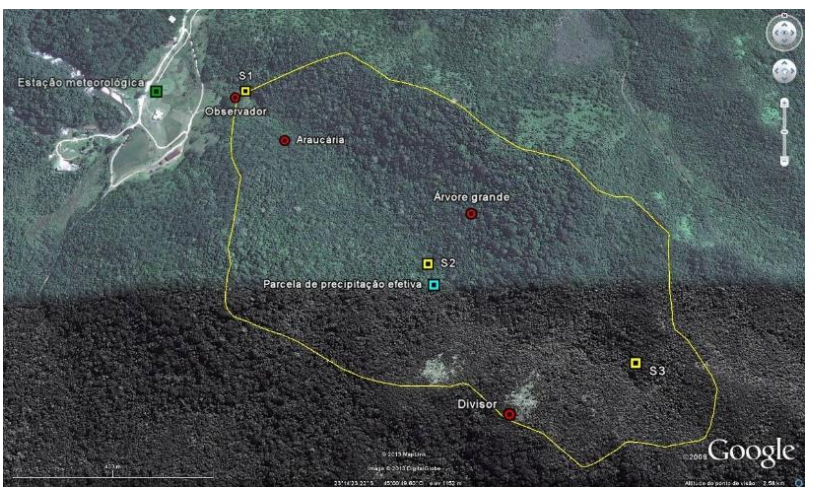


Figura 4. Vista geral da microbacia experimental "D" e de seu entorno. (Fonte: imagem de satélite do programa Google Earth v.3.0, 2009).

Tabela 1 - Características físicas da microbacia "D". Adaptado de Arcova (1996).

Área (ha)	56,0
Comprimento do curso d'água principal (m)	1260,0
Comprimento total dos cursos d'água (m)	1550,0
Ordem (Sthraler)	2ª
Densidade de drenagem (km/km^2)	2,8
Declividade média do canal (°)	3,2
Perímetro (m)	3450,0
Fator de forma	0,353
Declividade média da microbacia (°)	12,6

Domingues, Mattos e Furian (2001) distinguiram os domínios da alta, média e baixa microbacia: entre 1228 a 1150 m prevalecem os divisores de água com topos convexos que delimitam o setor mais elevado; na média microbacia compreendem as áreas entre 1150 a 1110 m e ocorre o domínio de divisores de água com topos convexos e arredondados; o setor da baixa microbacia está delimitado entre 1110 e 1045 m, com predominância de topos arredondados e a maior porção de planície aluvial.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

Na microbacia "D" há trechos com faces íngremes e exposição de paredes rochosas e trechos com faces pouco íngremes à arredondadas. Os terrenos com declividade mais acentuada, dispersos espacialmente e predominantemente localizados próximos aos divisores d'água, apresentam declividades entre 30° e 44° (ARCOVA, 1996).

A microbacia apresenta, predominantemente, cobertura de floresta secundária. Encontra-se em processo natural de recuperação da vegetação, que foi cortada em meados de 1950 e substituída por pastagens, sendo menos degradada nos terrenos de maior inclinação.

3. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

Para a realização do estudo foram feitas observações de visibilidade de três referências visuais situadas a distâncias conhecidas no interior da área (Tabela 2). Elas foram efetuadas de um ponto localizado na saída da microbacia, que permitiu aos técnicos de campo do laboratório enxergar o maior espaço a céu aberto da área (Figura 4, indicado pela palavra "observador", e Figura 5). Foram adotados códigos numéricos para identificação da presença de nevoeiro nos locais onde se localizam as referências visuais. Os códigos são assim descritos: **código 4** - o divisor topográfico está visível (não há nevoeiro na microbacia), **código 3** - o divisor topográfico não está visível, mas a árvore grande está (entre 30% e 50% da microbacia é coberta por nevoeiro), **código 2** – a árvore grande não está visível, mas a araucária está (entre 50% e 80% da microbacia é coberta por nevoeiro), **código 1** – a araucária não é visível (entre 80% e 100% da microbacia está coberta por nevoeiro). Na Figura 5 também é apresentada a imagem da microbacia "D" sob os quatro códigos.

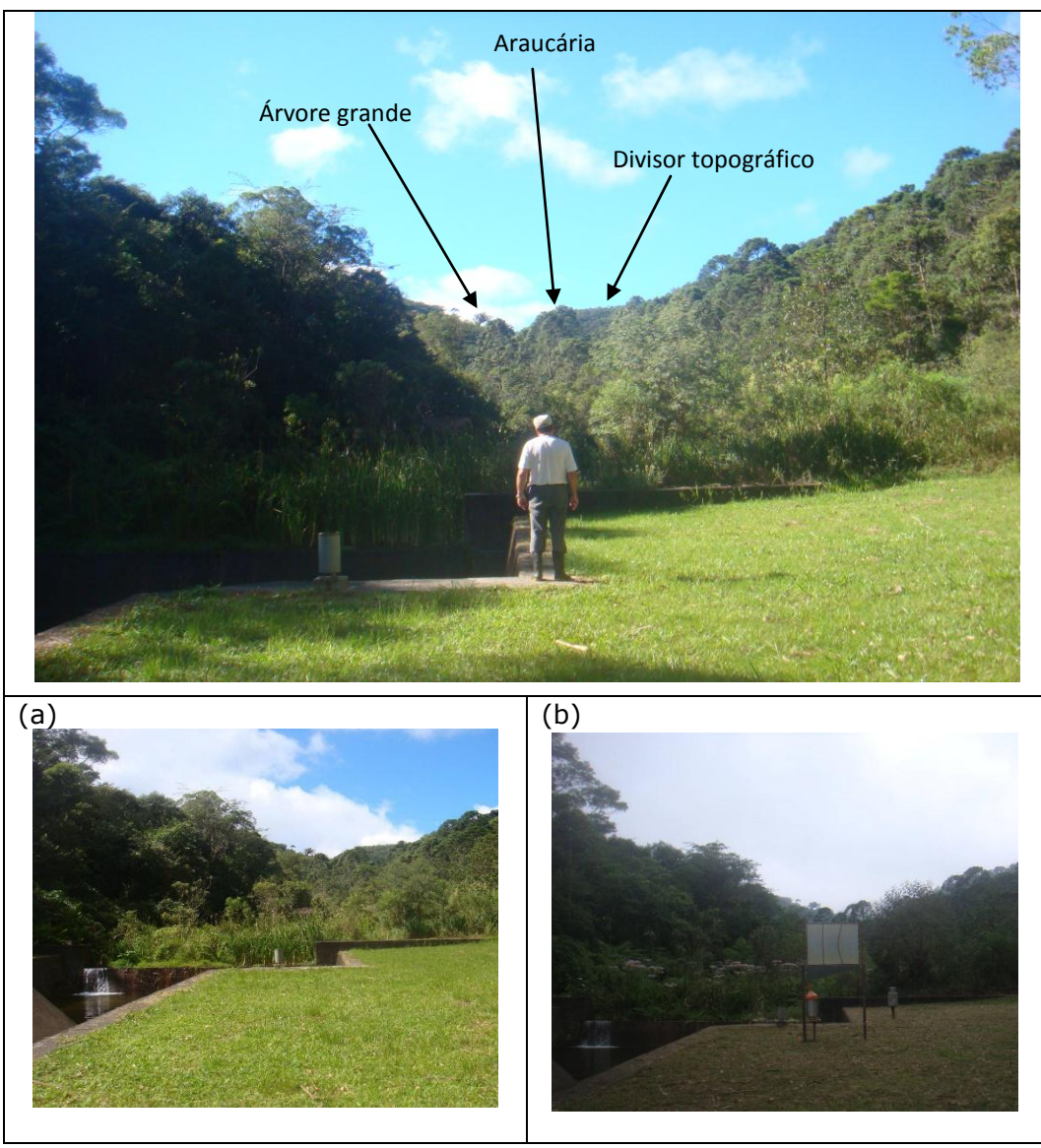
As observações de visibilidade foram feitas nos dias úteis da semana, nos períodos da manhã (8 h 00 min às 12 h 00 min) e da tarde (13 h 00 min às 17 h 00 min). Num primeiro momento, elas foram realizadas em horários não definidos. A partir de outubro de 2011 elas passaram a ser praticadas em horários definidos: 8 h 00 min, 10 h 00 min, 12 h 00 min, 14 h 00 min e 16 h 00 min.

As observações estenderam-se por 36 meses, abrangendo o período de outubro de 2009 a setembro de 2012, seguindo o ano hídrico adotado no LHFWE que inicia-se em outubro e tem o término em setembro do ano consecutivo.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

Tabela 2 – Informações sobre as referências visuais adotadas para os códigos de visibilidade na microbacia "D".

Referência visual	Altitude (m)	Distância em relação ao observador (m)
Araucária	1063	150
Árvore grande	1194	700
Divisor topográfico	1221	950



ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

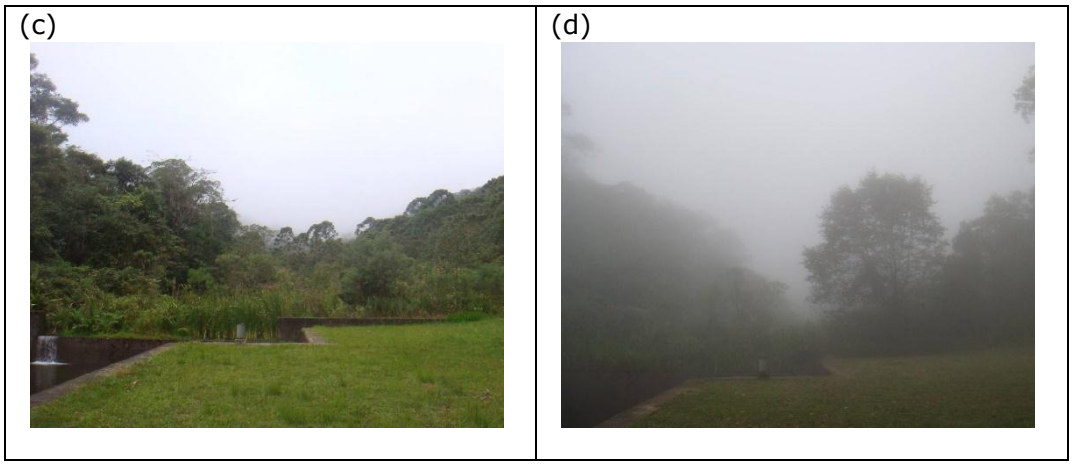


Figura 5. Técnico de campo durante observação de visibilidade e a microbacia "D" em quatro momentos: (a) sob código de visibilidade 4; (b) sob código de visibilidade 3; (c) sob código de visibilidade 2; (d) sob código de visibilidade 1. (Fotos: do primeiro autor)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos períodos de outubro de 2009 a setembro de 2010, outubro de 2010 a setembro de 2011 e outubro de 2011 a setembro de 2012 foram averiguados 234 dias (64% do ano), 232 dias (63% do ano) e 230 dias (63% do ano), respectivamente. Houve incidência de nevoeiro em algum setor da microbacia em 129 dias (55% dos dias observados) do primeiro período, em 152 dias (66% dos dias observados) do segundo e em 146 dias (63% dos dias observados) do terceiro ano. Esses números, que são subestimados, uma vez que foram obtidos apenas de observações feitas exclusivamente em horários da manhã e da tarde dos dias úteis, são expressivos quando comparados aos que ocorrem em outras localidades (Tabela 3). Por exemplo, na região metropolitana de São Paulo há entre 75 e 100 dias com ocorrência de nevoeiro ao ano (GONÇALVES; FERNANDES, 2004; PETTO JR.; CONÇALVES; ROCHA, 2008). No Parque Estadual das Fontes do Ipiranga-PEFI, na Cidade de São Paulo, a incidência deste fenômeno meteorológico é de cerca de um terço dos dias do ano (SANTOS; FUNARI, 2002).

Tabela 3 - Frequência da ocorrência de nevoeiro em várias localidades.

Local	Nº de dias com nevoeiro/ano	Autor
Caracas Valley Venezuela	326	Gordon, Herrera e Hutchinson (1994)
W. Sudety Polônia	250-300	Blás et al. (2002)
Costa oeste África do Sul	66 – 148	Olivier (2002)
PEFI Cidade de São Paulo	125*	Santos e Funari (2002)

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

Namíbia África	60 – 200	Shanyengana et al. (2002)
Raposo Tavares Grande São Paulo	100	Gonçalves e Fernandes (2004)
Ilhas Canárias Espanha	200	Marzol e Santos (2004)
Bica da Cana Ilha da Madeira	235	Prada et al. (2004)
Xishuangbanna China	258	Liu et al. (2008)
Grande São Paulo Brasil	75	Petto Jr., Gonçalves e Rocha. (2008)
Microbacia "D" LHFWE	129[1] 152[2] 146[3]	Esse estudo.

* Valor estimado a partir de observações diárias feitas no período de 1933 a 2000; 1 - outubro de 2009 a setembro de 2010: 234 dias observados; 2 - outubro de 2010 a setembro de 2011: 232 dias observados, 3 - outubro de 2011 a setembro de 2012: 230 dias observados.

As Figuras 6 a 8 mostram os percentuais de ocorrência dos quatro códigos de visibilidade para os 36 meses observados. A Figura 9 sintetiza esses resultados. Os nevoeiros foram mais frequentes à tarde que de manhã. Isto está relacionado ao fato de que a umidade dos nevoeiros orográficos, que predominam em Cunha, tem como origem a brisa marítima proveniente do Oceano Atlântico, que está a somente 15 km da microbacia "D". A brisa é mais intensa durante as tardes, quando as temperaturas do ar são maiores no continente. Essa observação é respaldada por informação contida em Atkinson (1981), segundo a qual nos trópicos, em geral, a brisa marítima sopra entre 12 e 20 horas.

Na maior parte das manhãs (66,8% do tempo) não foram avistados nevoeiros na microbacia, prevalecendo o código 4. Dos códigos que indicam a ocorrência do fenômeno meteorológico, o 3 foi o mais comum, mostrando haver incidência de nevoeiro no terço superior da microbacia em 24,7% do tempo observado. Entre 50% e 80% da microbacia esteve sob influência de nebulosidade durante 6,6% do tempo, conforme indicado pelo código 2. Apenas em alguns meses (outubro de 2009; novembro e dezembro de 2010; junho, julho, setembro e outubro de 2011, e março, agosto e setembro de 2012) os nevoeiros apresentaram intensidade suficiente para cobrir de 80% a 100% da área (código 1).

No período vespertino houve mais dias com nevoeiro (57,2% do tempo) do que sem ele (42,8%). Dos códigos que indicam ocorrência de nevoeiro, novamente o 3 predominou, implicando na presença de nevoeiro no terço superior da microbacia em 28,3% do tempo. Episódios de nevoeiro que ocuparam entre 50% e 80% da microbacia (código 2) corresponderam a 17,1% das tardes observadas. A microbacia esteve com 80% a 100% da área coberta por névoa mais densa (código 1) em 11,8% das observações.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

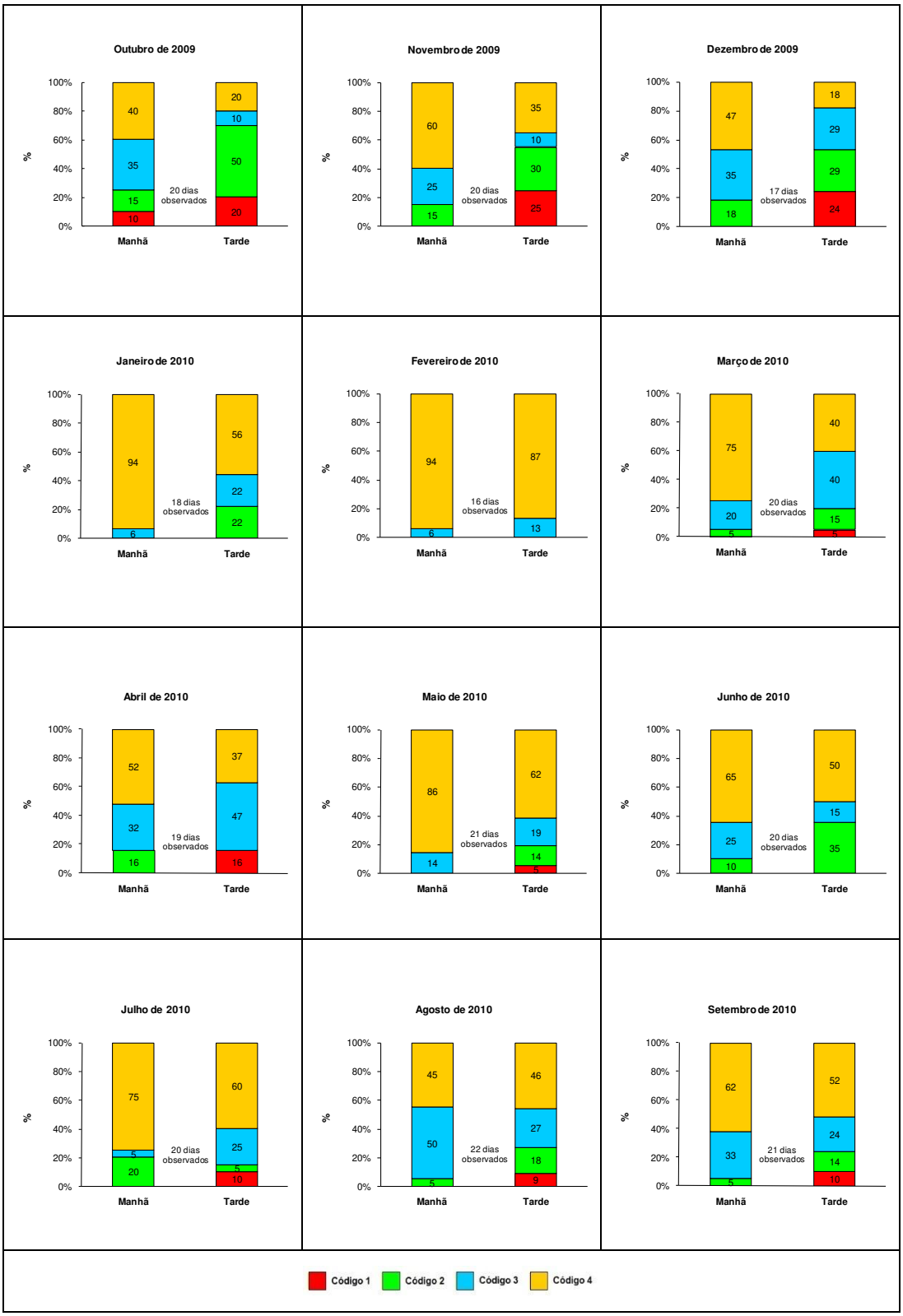


Figura 6. Proporção de dias em que a microbacia "D" esteve sob os quatro códigos de visibilidade nos períodos da manhã e tarde, nos meses de outubro de 2009 a setembro de 2010.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

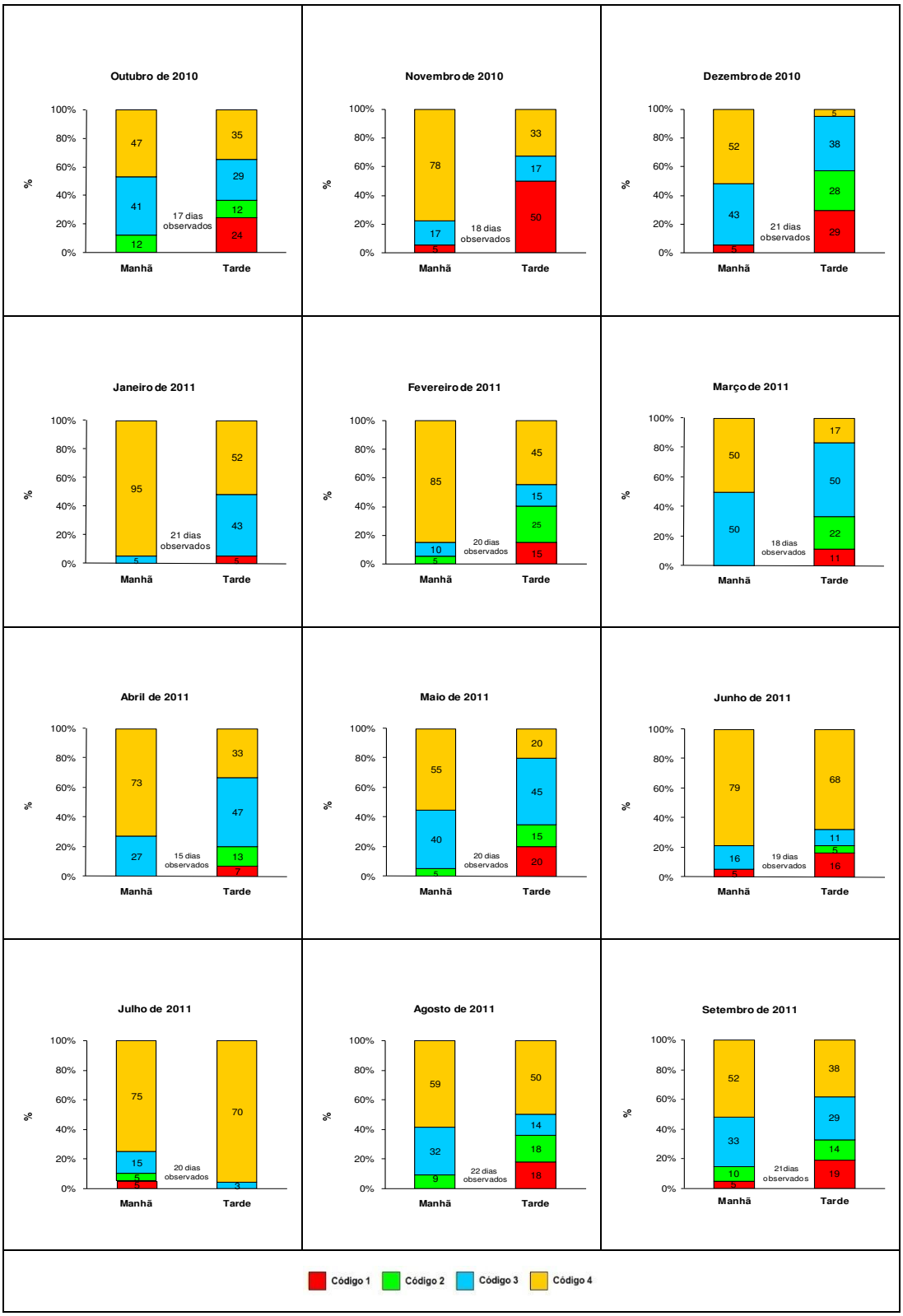


Figura 7. Proporção de dias em que a microbacia "D" esteve sob os quatro códigos de visibilidade nos períodos da manhã e da tarde, nos meses de outubro de 2010 a setembro de 2011.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

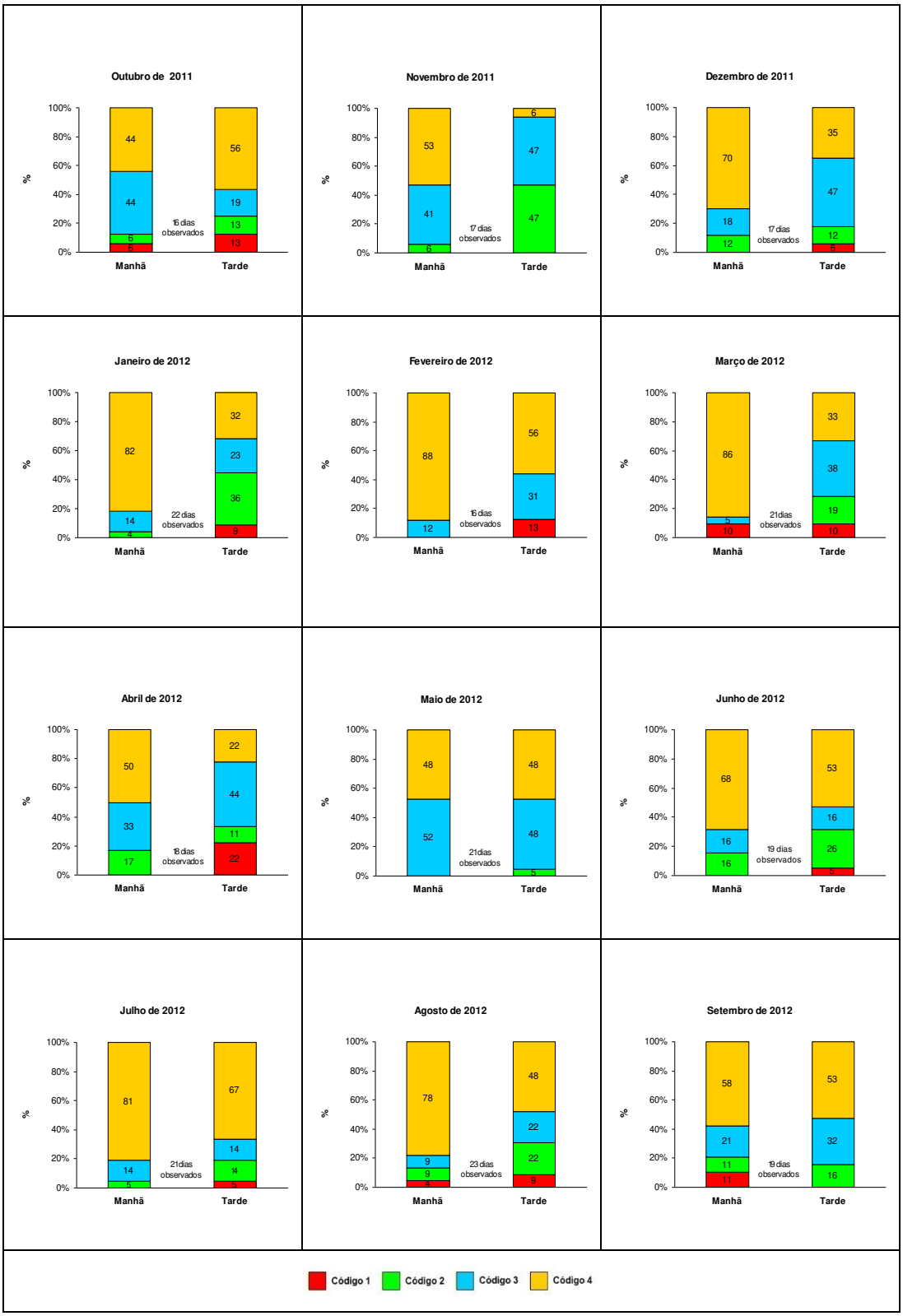


Figura 8. Proporção de dias em que a microbacia "D" esteve sob os quatro códigos de visibilidade nos períodos da manhã e da tarde, nos meses de outubro de 2011 a setembro de 2012.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

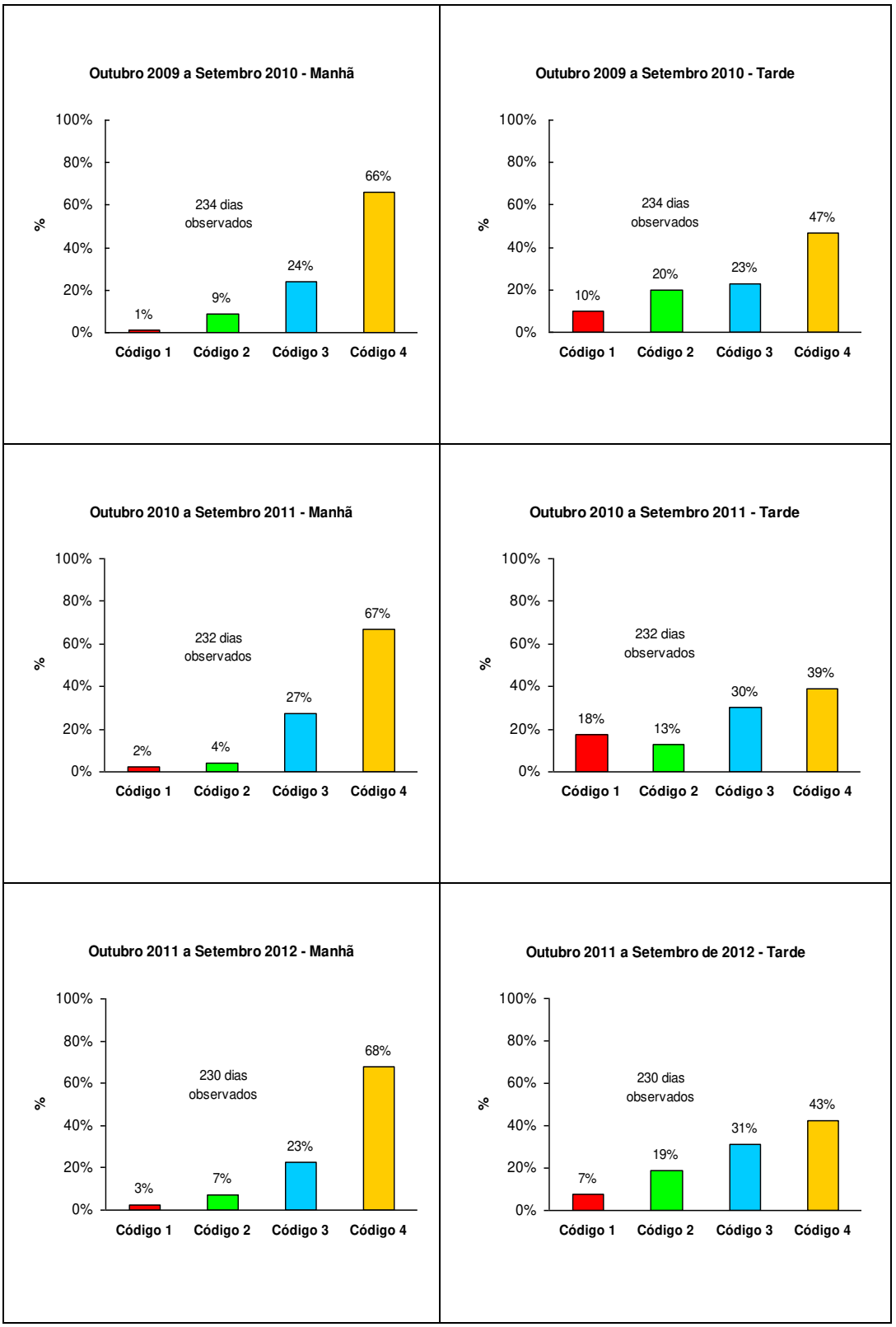


Figura 9. Síntese dos resultados dos percentuais de ocorrência dos códigos de visibilidade da microbacia "D" nos períodos da manhã e da tarde, para os três anos de observação.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

Os resultados mostram que a incidência dos nevoeiros na microbacia "D" decresce de montante para jusante. Isto pode ser explicado pelas baixas velocidades dos ventos que predominam localmente. Usando os dados disponíveis registrados pelo anemógrafo da estação meteorológica durante o experimento, obteve-se reduzida velocidade média do vento nos períodos de outubro de 2009 a setembro de 2010, outubro de 2010 a setembro de 2011 e outubro de 2011 a setembro de 2012, isto é, 1,3 $m.s^{-1}$, 1,3 $m.s^{-1}$ e 1,2 $m.s^{-1}$, respectivamente. Esses valores são inferiores à média de 2,0 $m.s^{-1}$ e ligeiramente superiores às menores marcas registradas no LHFWE que foram de 1,1 $m.s^{-1}$ em 1984 e 1,0 $m.s^{-1}$ em 1988 (VENEZIANI; 2011).

Os histogramas de velocidade dos ventos, organizados de acordo com as classes de Beaufort para as diferentes estações do ano, são mostrados na Figura 10. Para aproximadamente 65% do tempo, as velocidades estiveram entre 0 e 1,5 $m.s^{-1}$, tipificadas como calmaria e vibração. Para 32% estiveram entre 1,6 e 3,3 $m.s^{-1}$, descrita como brisa leve. Raramente (3%) ultrapassaram a faixa de 3,3 $m.s^{-1}$ (brisa fraca). Excepcionalmente (0,1%), alcançaram marcas superiores a 5,5 $m.s^{-1}$, sendo denominada brisa moderada.

Portanto, durante esse estudo, a participação dos ventos brandos no universo total de dados de velocidade foi superior à determinada por Veneziani (2011), que registrou em torno de 55% do total de dias com ventos de até 2,0 $m.s^{-1}$. Entre 2009 e 2012, as máximas velocidades estiveram entre 6,0 e 6,6 $m.s^{-1}$, registradas apenas quatro vezes. Elas são da mesma ordem de grandeza das obtidas no período de 1980 a 1988, que não excederam 7,0 $m.s^{-1}$.

Não houve uma clara diferença na velocidade dos ventos entre as épocas do ano, embora no outono (principalmente) e no inverno, a frequência de ventos de até 1,5 $m.s^{-1}$ tenha sido ligeiramente superior às das demais estações. Os percentuais para as classes acima de 3,3 $m.s^{-1}$ foi pouco maior na primavera e menor durante o outono.

Assim, os ventos fracos são incapazes de impulsionar os nevoeiros em grande parte dos eventos, fazendo-os permanecer nos trechos mais próximos das cabeceiras da microbacia, por onde se dá a principal entrada das massas de ar úmidas provenientes do litoral.

Ao agrupar os dados de visibilidade por estação do ano (Figura 12), nota-se que a incidência de nevoeiros na microbacia "D" foi maior na primavera, no período da tarde. Não por acaso, durante as tardes e início das noites, essa foi a estação com maior ocorrência dos ventos oceânicos quando se coletou água de nevoeiro com coletores instalados na estação meteorológica (ARCOVA, 2013).

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

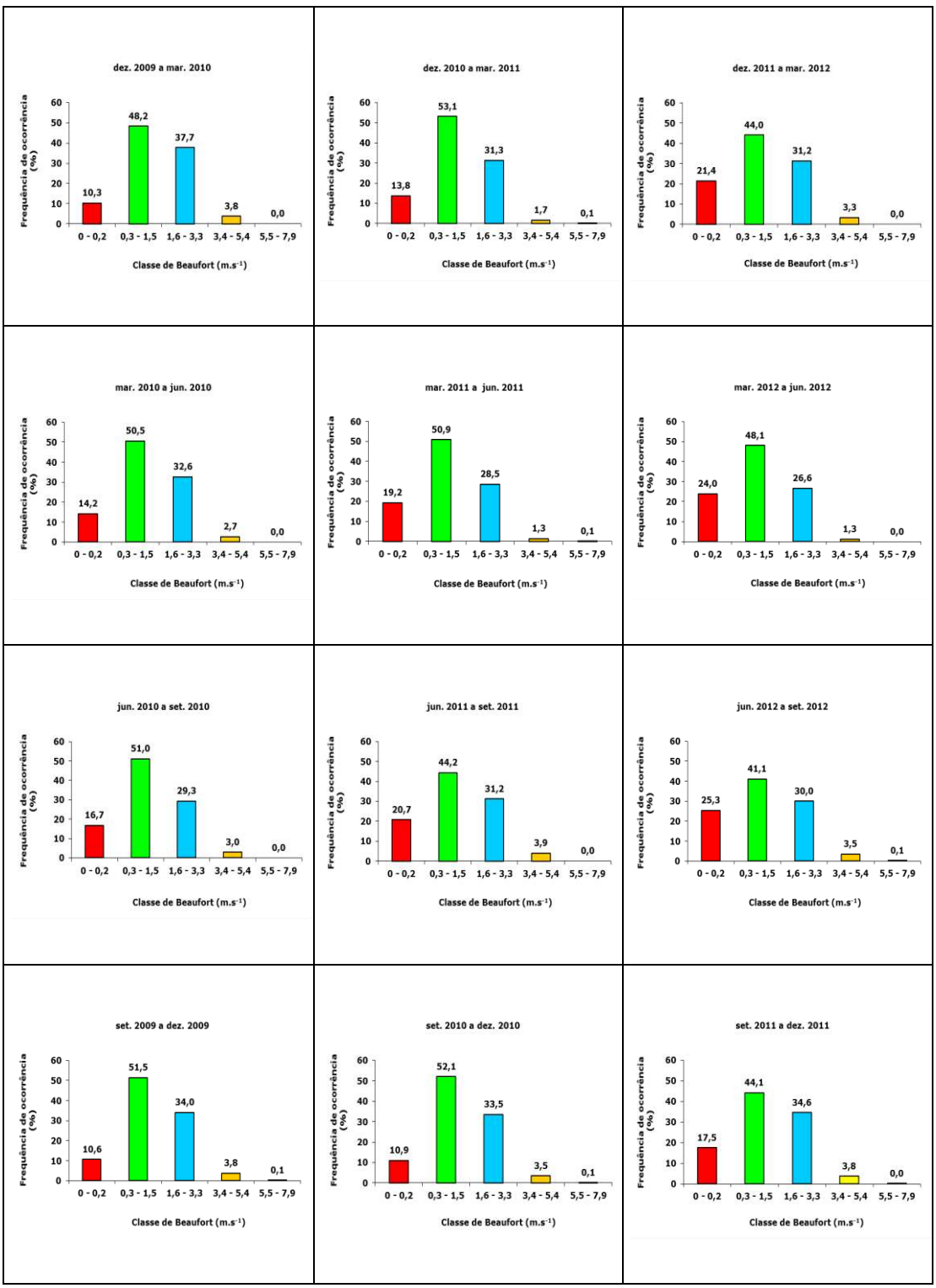


Figura 10. Distribuição da frequência de ocorrência da velocidade dos ventos no LHFWE segundo as classes da Escala de Beaufort, usando todos os dados disponíveis durante a pesquisa, agrupados nas estações do ano.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

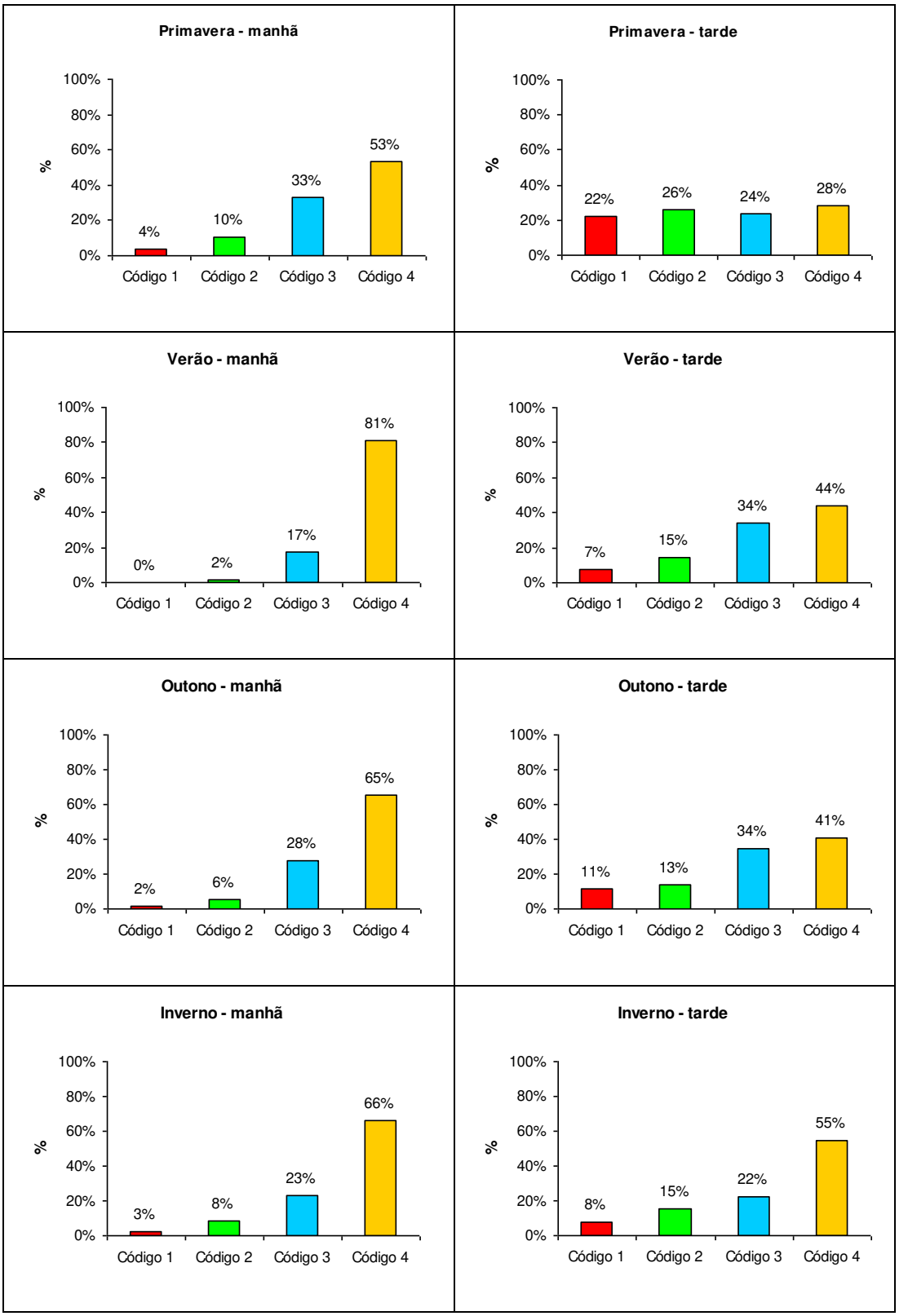


Figura 11. Códigos de visibilidade observados na microbacia "D", nas estações do ano, durante o período estudado.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

5. CONCLUSÕES

Durante os três anos estudados houve presença de nevoeiro em algum setor da microbacia experimental "D" em 61,3% do tempo, em média, com a névoa diminuindo de montante para jusante da área. Os nevoeiros foram mais frequentes à tarde, como resultado da brisa marítima que é mais intensa nesse período do dia. A primavera foi a estação do ano com maior incidência de nevoeiros.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANIDO, N. M. R. *Caracterização hidrológica de uma microbacia experimental visando identificar indicadores de monitoramento ambiental*. 2002. 69 f. **Dissertação** (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

ARCOVA, F. C. S. *Balanço hídrico, características do deflúvio e calibragem de duas microbacias hidrográficas na Serra do Mar, SP*. 1996. 155 f. **Dissertação** (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

ARCOVA, F. C. S.; CICCO, V. Manejo de bacias hidrográficas. In: HONDA, E. A; YAMAZOE, G. (Org*.). 25 anos de cooperação JICA - Instituto Florestal*. São Paulo: **Imprensa Oficial**, 2005. p. 34-46.

ARCOVA, F. C. S. *Avaliação do potencial hidrológico dos nevoeiros e da precipitação oculta em ambiente de Floresta Ombrófila Densa Montana na Serra do Mar, Cunha, SP*. 2013. 175 f. **Tese** (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

ARMANI, G. *Interações entre a atmosfera e a superfície terrestre: variações da temperatura e umidade na bacia B do Núcleo Cunha (IF) – SP.* 2004. 198 f. **Dissertação** (Mestrado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 2004.

ATKINSON, B. W. *Meso-scale atmospheric circulations*. London: **Academic Press**, 1981. 495 p.

BLÁS, M. et al. Temporal and spatial variations of fog in the Western Sudetty Mts., Poland. ***Atmospheric Research***, Amsterdam, v. 64, n. 1-4, p.19-28, Sept.-Oct. 2002.

BRUIJNZEEL, L. A. Hydrology of tropical montane cloud forests: a reassessment. **Land Use and Water Research**, Newcastle, v. 1, p.1.1-1.18, 2001.

BRUIJNZEEL, L. A.; HAMILTON, L. S. **Tiempo decisivo para las selvas de neblina**. Paris: UNESCO: International Hydrological Programme, 2001. 41 p. (IHP Programa Trópicos Humedos Serie nº 13).

BUBB, P. et al. *Cloud forest agenda*. **Cambridge:** PNUMA-CMVC, 2004. 32 p.

CERECEDA, P. et al. Advective, orographic and radiation fog in the Tarapacá region, Chile. ***Atmospheric Research***, Amsterdam, v. 64, n. 1-4, p. 261-271, Sept.-Oct. 2002.

CICCO, V. *Análise de séries temporais hidrológicas em microbacia com cobertura vegetal natural de Mata Atlântica, Cunha, SP*. 2004. 124 f. **Dissertação** (Mestrado em Geografia Física) - Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

DOMINGUES, E. N.; MATTOS, I. F. A.; FURIAN, S. M. Geomorfologia e cobertura vegetal atual da microbacia do ribeirão do Barracão no núcleo Cunha-Parque Estadual da Serra

do Mar-SP. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, SP, v.13, n. 2, p. 189-200, dez. 2001.

FRUMAU, K. F. A. et al. A comparison of the performance of three types of passive fog guages under conditions of wind-driven fog and precipitation. **Hydrological Processes**, Malden, v. 25, n. 3, p. 374-383, Jan. 2011.

FURIAN, S. M.; PFEIFER, R. M. Levantamento de reconhecimento do meio físico do Núcleo Cunha, SP. **Boletim Técnico do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 40, n. 2, p. 183-193, dez. 1986.

FURIAN, S. M. *Estudo geomorfológico do escoamento superficial pluvial em parcelas experimentais no Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Cunha / SP: um esboço metodológico*. 1987. 187 f. **Dissertação** (Mestrado em Geografia Física) – Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

GONÇALVES, F. L. T.; FERNANDES, G. P. Analysis of fog events at São Paulo metropolitan area and surroundings. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF FOG, FOG COLLECTION AND DEW, 3., 2004, Cape Town. **Proceedings...**Cape Town: University of Pretoria, 2004. 4 p.

GORDON, C. A.; HERRERA, R.; HUTCHINSON, T. C. Studies of fog events at two cloud forests near Caracas, Venezuela-I. frequency and duration of fog. **Atmospheric Environment**, Amsterdam, v. 8, n. 2, 1994.

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY. **Report of implementation design survey on the japanese technical cooperation project for forestry research in São Paulo, Brazil.** [S.l.]: JICA, 1980, 284 p.

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY. **Synthetic report of the japanese technical cooperation project for forestry research in São Paulo, Brazil**. [S.l.]: JICA, 1986, 555 p.

LIU, W. et al. Water input from fog drip in the tropical seasonal rain Forest of Xishuangbanna, South-West China. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 20, n. 5, p. 517-524, Sept. 2004.

LUIZ, R. A. F. *Classificação climática do núcleo Cunha do Parque Estadual da Serra do Mar, Cunha-SP*. 2008. 103 f. **Trabalho de Graduação Individual** (Bacharelado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2008.

MARZOL, M. V. Fog water collection in a rural park in the Canary Islands (Spain). **Atmospheric Research**, Amsterdam, v. 64, n. 1-4, p. 239-250, Sept.-Oct. 2002.

MARZOL, M. V.; SANTOS, G. G. Time variations of fog during summer in the Canary Islands. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF FOG, FOG COLLECTION AND DEW, 3., 2004, Cape Town. **Proceedings...**Cape Town: University of Pretoria, 2004. 4 p.

MCJANNET, D.; WALLACE, J. **Methodology for estimating cloud interception inputs to tropical rainforest.** Black Mountain: CSIRO, 2006. 14 p. (CSIRO Land and Water Science Report 6/6).

MONTEIRO, C. A. F. *A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo: estudo geográfico sob a forma de atlas*. 1973. 129 f. **Tese** (Doutorado) - Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1973.

OLIVIER, J. Fog-water harvesting along the West Coast of South Africa: a feasibility study. **Water SA**, v. 28, n. 4, p. 349-360, 2002.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

PETTO JR., S.; GONÇALVES, F. L. T.; ROCHA, R. P. Análise da garoa e dos nevoeiros sobre a área metropolitana de São Paulo: tendências do clima de 1933 a 2005 e obtenção numérica de incidências climatológicas de nevoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 15., 2008, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBMET, 2008. 5 p.

PRADA, S. N. et al. Fog water collection in Madeira Island (Portugal). In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF FOG, FOG COLLECTION AND DEW, 3., 2004, Cape Town. **Proceedings...**Cape Town: University of Pretoria, 2004. 4 p.

SANTOS, P. M.; FUNARI, F. L. Clima local. In: BICUDO, D. C.; FORTI, M. C.; BICUDO, C. E. M. (Org.). **Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI): unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo**. São Paulo: Editora Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2002. p. 29-48.

SHANYENGANA, E. S. et al. Exploring fog as a supplementary water source in Namibia. **Atmospheric Research**, Amsterdam, v. 64, n. 1-4, p. 251-259. Sept.-Oct. 2002.

VENEZIANI, Y. *Análise e caracterização dos regimes de ventos do núcleo Cunha do parque estadual da Serra do Mar, Cunha-SP*. 2011. 145 f. **Trabalho de Graduação Individual** (Bacharelado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

Texto submetido à RBClima em 28/01/2016