

# VERTENTES PRIORITÁRIAS PARA IMPLANTAÇÃO DE PROGRAMAS DE PAGAMENTOS POR SERVIÇOS AMBIENTAIS NA BACIA DO PARAIBA DO SUL: ESTUDO DE CASO EM NOVA FRIBURGO-RJ

## Vertentes prioritarias para implantacion de programas de pagamento de servicios ambientales en la cuenca del paraiba do sul: estudio de caso em Nova Friburgo-RJ

G. L. Santos<sup>1</sup>; E. Cortines<sup>2</sup>; T. A. Moura<sup>3</sup>; J. A. S. Sales Júnior<sup>1</sup>; Ricardo Valcarcel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro- Dep. Ciências Ambientais Br 465, km 7- Seropédica-RJ , Brasil; <sup>2</sup>Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro- Dep. Ciências Administrativa e do Ambiente, Av. Prefeito Alberto da Silva Lavinias - nº705/706 ao fim, CEP 25802-100, Três Rios-RJ, Brasil. [ecortines@gmail.com](mailto:ecortines@gmail.com). <sup>3</sup>Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro-Dep. Silvicultura, Br 465, km 7- Seropédica-RJ , Brasil

### Resumo

A Mata Atlântica é um ecossistema fragmentado pelas intervenções antropicas no passado e ainda ameaçado pelo desmatamento, queimadas, especulação imobiliária, retirada da biodiversidade, todos fatores que interferem na oferta de serviços ambientais. O estudo avalia o efeito da orientação das encostas na manutenção de fragmentos florestais e destes na interceptação horizontal, variável que contribui para recarga dos freáticos, serviço ambiental de grande importância na bacia do Rio Grande, Nova Friburgo-RJ, afluente do Rio Paraíba do Sul. Foi utilizado o ArcGis 10 (ferramenta "zonal") para espacialização das vertentes norte (VN) e sul (VS) e armadilhas de captura de umidade de *sphagnum* seco, disposto em campo aberto a 1,5m do solo. Os fragmentos florestais predominaram nas orientações: Sudeste (41,8%), Sudoeste (50%), Noroeste (34%), Nordeste (14%), totalizando 1.744,56 ha na região sudoeste, cujas entradas de frentes frias e umidas é a principal diferença. A umidade foi 74% maior na VS, equivalendo a 22.185 ml.kg massa seca<sup>-1</sup> em 7 dias. Na VN foi de apenas 14.114 ml.kg massa seca<sup>-1</sup>. Os investimentos em conservação focados na oferta de serviços ambientais dos ecossistemas, devem priorizar as encostas com orientação Sudoeste, Sudeste e Sul, pois contribuem para a perenidade dos rios nas suas cabeceiras, melhorando o processo de planejamento ambiental dos municípios situado ao lado direito do Rio Paraíba do Sul.

**Palavras-Chaves:** Serviços ecossistemicos, orientação das vertentes, floresta atlântica, restauração.

### Resumen

El bosque Atlántico es un ecosistema fragmentado por las intervenciones en el pasado y aún amenazado pelas intrevenciones antropicas de deforestación, incendios, especulación inmobiliaria, retirada de la biodiversidad, todos los factores que interfieren en la produccion de servicios ambientales. El estudio evalúa el efecto de la orientación de las vertientes en la manutencion de fragmentos de bosque y de estos en la interceptacion horizontal, variable que contribuye con la recarga de los acuíferos, servicio ambiental de gran importancia en la cuenca del río Grande, Nova Friburgo-RJ, tributario del río Paraíba do Sul, Brasil. Se utilizó ArcGis 10 (herramienta "zonal") para espacializar las vertientes Norte (VN) y Sur (VS) y colector de humedad de *sphagnum* seco, ubicado en campo abierto a 1, 5 metros acima del suelo. Los fragmentos de bosque predominaron en las directrices: sureste (41,8%), suroeste (50%), noroeste (34%), noreste (14%), para un total de 1.744.56 hectáreas en la región suroeste, cuyas entradas de frentes fríos y umidas es la principal diferencia. La humedad fue 74% mayor em la VS, equivalendo a 22.185 ml.kg massa seca<sup>-1</sup> en 7 dias. En la VN fue de apenas 14.114 ml.kg massa seca<sup>-1</sup>. Los investimientos en conservacion direccionados pela oferta de servicios ambientales de los ecosistemas, deben priorizar las vertientes con orientacion Sudoeste, Sudeste e Sul, pues contribuyen para la perenidad dos rios en las

regionaes altas de las cuencas, mejorando el proceso de planeficacion ambiental de los municipios situados en el lado derecho del Rio Paraíba do Sul.

**Palabras-claves:** Servicios de los ecosistemas, orientación de las vertientes, foresta atlantica, restauración.

## 1. Introdução

A Mata Atlântica ocupa cerca de 7,91% de sua extensão original (Fundação SOS Mata Atlântica/INPE, 2009), encontrando-se em fragmentos de diferentes tamanhos, formas e funções. A fragmentação é o processo pelo qual uma área é transformada em manchas, causando ruptura dos fluxos gênicos entre populações (METZGER, 2003).

No Estado do Rio de Janeiro os fragmentos florestais encontram-se em área de influencia da Serra do Mar, sendo as Unidades de Conservação Parque Estadual dos Três Picos (PETP), Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO) as maiores extensões. Estas áreas ofertam condições à manutenção da biodiversidade, tornando-se estratégicas para a conservação da Mata Atlântica sendo considerada *hotspot* (MYERS, 2000).

As áreas de floresta proporcionam uma ampla variedade de serviços ambientais que podem ser agrupados em três tipos principais (PAGIOLA et al., 2005): "a) **Proteção das bacias hidrográficas** - ...regulação dos fluxos hídricos, redução do assoreamento. As mudanças na cobertura florestal podem afetar a quantidade e qualidade dos fluxos de água na parte baixa da bacia, e...a dinâmica temporal da mesma; b) **Conservação da biodiversidade**-...abrigam uma percentagem importante da biodiversidade do mundo. A perda de habitat florestal apresenta-se como uma das principais causas da perda de espécies; c) **Sequestro de Carbono**- As florestas com árvores mais velhas, armazenam grande quantidade de carbono e as que ainda estão em fase de crescimento sequestram carbono da atmosfera". Portanto, é fundamental se criar mecanismos para manutenção das florestas em pé, aliando renda à preservação de suas funções ecossistêmicas.

A presença dos fragmentos florestais é influenciada não só pelo uso antrópico mas por fatores ambientais, como, direção dos ventos, declividade, altitude e orientação das vertentes (MARQUES et al., 2004). A orientação das vertentes influencia na umidade das encostas, pois dependendo do ângulo horizontal em relação ao norte geográfico receberá uma oferta diferenciada de massa de ar úmida, intensidade da radiação, tipo de radiação e ventos (BARBOZA, 2007). A análise dos fatores topográficos ajuda a determinar as áreas prioritárias para conservação do ecossistema da bacia hidrográfica visando o aumento da recarga hidrológica e detectar quais áreas podem ser aptas para utilização agrícola (CARDOSO, 2006).

A necessidade de recuperar áreas com diferentes níveis de perturbação exige um entendimento sobre o comportamento da vegetação na paisagem fragmentada e sua relação com suas variáveis ambientais e topográficas, para que se possa observando a natureza, aproveitar as condições mais propicias ao estabelecimento de fragmentos florestais e aprimorar as técnicas de manejo de bacias hidrográficas e conservação do ecossistema, investindo preferencialmente nas áreas com condições similares às áreas com presença de fragmentos florestais.

O Objetivo deste estudo foi avaliar se a orientação das encostas influencia a presença de fragmentos florestais e quantidade de água precipitada horizontalmente pelas vertentes (nevoeiros), em uma região de Floresta Montana da Serra do Mar-RJ.

## 2. Material e Métodos

### 2.1. Área de estudo

A área de estudo está localizada no município de Nova Friburgo, região de interflúvio da serra do Mar, RJ entre as coordenadas 22° 19' 45'' - 22° 23' 45'' S e 42° 35' 05'' - 42° 40' 10'' W numa sub-bacia do Alto Rio Grande (Figura 1).

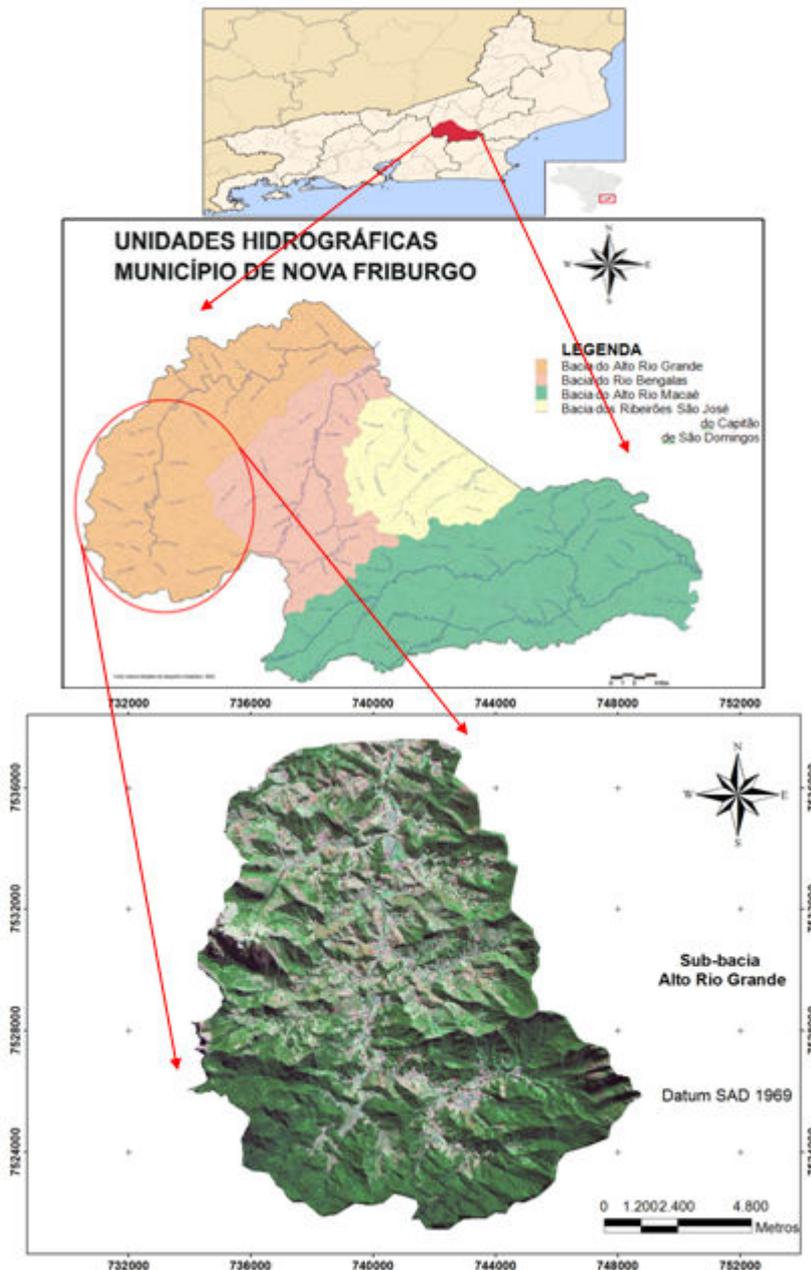


Figura 1: Localização da área de estudo, cabeceira do Alto Rio Grande, Nova Friburgo-RJ.

A região pertence ao domínio da Mata Atlântica e apresenta fisionomia predominantemente florestal até a cota 1500m, classificada como Floresta Ombrófila Densa Montana (VELOSO et al., 1991). Ainda segundo os mesmos autores, nas áreas com altitudes superiores de 1800m predominam os campos de altitude.

Na bacia do Alto Rio Grande os remanescentes florestais estão imersos em uma matriz de paisagem heterogênea composta principalmente por pastagens, e áreas de cultivo agrícola em diferentes estágios de sucessão ecológica e históricos de perturbação (MATA, 2006).

## 2.2. Orientação das vertentes

Utilizou-se a carta topográfica do Município de Nova Friburgo (Folha SF-23-Z-B-III-3) obtidas no IBGE na escala de 1:50.000, da qual se originou o Modelo Digital de Elevação (MDE) hidrologicamente consistente, por intermédio do ArcGis 10. A partir do MDE foi gerado o mapa temático para o fator topográfico orientação das vertentes.

Orientação das vertentes é uma medida do ângulo horizontal da direção esperada do escoamento superficial, geralmente expressa em azimute, isto é, em relação ao Norte geográfico,

onde o valor é de (0° ou 360°), crescendo desta direção no sentido horário (SCHMDIT *et al*, 2003), que associa diretamente com a intensidade e direção dos fluxos de matérias e insolação, com efeitos locais sobre a vegetação.

As orientações foram classificadas em 4 classes de acordo com o ângulo de inclinação das vertentes com relação ao norte geográfico, sendo Nordeste (0°-90°), Sudeste (90°-180°), Sudoeste (180°-270°) e Noroeste (270°-360°). Segundo Barboza (2007), as vertentes recebem massas de ar com diferentes teores de umidade relativa carregados pelos ventos vindos do oceano, sendo Sudoeste (100% UR), Sudeste (70% UR), Noroeste (50% UR) e Nordeste (30% UR).

### **2.3. Fragmentos Florestais**

O mapeamento dos fragmentos florestais foi obtido a partir de imagem QuickBird (2008), resolução de 2,8 metros cedida pela Prefeitura Municipal de Nova Friburgo-RJ, onde os fragmentos foram delimitados no software ArcGis 10. Sendo a imagem georeferenciada a partir de pontos de controles coletados no campo, com auxílio de equipamento de posicionamento por satélites do tipo diferencial pós-processado, receptores DGPS, modelo PROMARK II da Asthech. Foram utilizados dois equipamentos, sendo disposto em um ponto estático (marco geodésico do DER-Nova Friburgo-RJ) e outro cinemático em cinco pontos das sub-bacias hidrográficas da cabeceira do rio Grande- RJ. Os pontos foram processados utilizando o programa Asthech solutions 2.6. O georeferenciamento foi processado utilizando o programa ArcMap 10.

### **2.4. Análise da distribuição dos fragmentos florestais com relação à orientação das vertentes.**

A partir dos mapas temáticos de orientação e fragmentos florestais, com o uso da ferramenta *zonal* do ArcGIS 10, se caracterizou os fragmentos florestais de acordo com o valor médio do ângulo horizontal em relação ao norte geográfico, calculado para a orientação de cada vertente do interior de cada fragmento. A partir destas médias calculadas, os fragmentos foram enquadrados nas respectivas classes de ângulo citadas acima na metodologia.

Os fragmentos foram comparados quanto à área em cada vertente por análise estatística univariada. Testou-se a normalidade dos dados e como esses não apresentaram distribuição normal para a comparação entre as médias, utilizou-se o teste de Kruskal - Wallis com probabilidade de 95%. Os dados foram processados no programa estatístico GraphPad Prism 5.0.

### **2.5. Avaliação da umidade interceptada nas vertentes**

A avaliação da interceptação horizontal (IH) dos nevoeiros foi realizada na época do inverno quando a demanda por água é maior, entre 31 de julho a 9 de agosto de 2011, excluindo os dias de chuva. A umidade interceptada foi medida por meio de amostras padronizadas de 1g de *sphagnum* seco, submetidas ao tempo por 24 horas, numa espécie de varal (figura 2). As amostras foram alocadas em área aberta nas vertentes norte (sotavento) e Sul (barlavento) numa altura de 1,5 m do solo. Após 24 h as amostras eram recolhidas e substituídas por outras secas, e pesadas em balança de precisão de 0,001g (modelo MARK 500, Classe II - BEL equipamento.) para obtenção do peso úmido e cálculo da umidade absoluta (%). A unidade utilizada foi ml.kg massa seca<sup>-1</sup>.



Figura 2: Coletores feitos com *Sphagnum* seco para medir a interceptação horizontal (nevoeiros) em diferentes vertentes numa região de Floresta Ombrófila Densa Montana, Nova Friburgo-RJ.

### 3.Resultados e Discussão

A sub-bacia apresentou uma área total de 15.576,60 ha, e uma extensa cobertura florestal (54% da bacia). A orientação das encostas foi bastante proporcional (Figuras 3 e 4), evidenciando que a disponibilidade de encostas em cada orientação é igual e que o que vai mudar são as condições bióticas e abióticas de cada uma destas vertentes. Em termos de orientação as vertentes Nordeste e Noroeste tem maior vocação para perder umidade por causa da intensidade e duração da insolação nas horas mais quente do dia e ganho de umidade nas vertentes Sudoeste e Sudeste por receberem de frente as massas de ar úmidas oriundas do oceano, o que difere o potencial de resiliência das vertentes (MARQUES et al., 2004; BARBOZA, 2007).

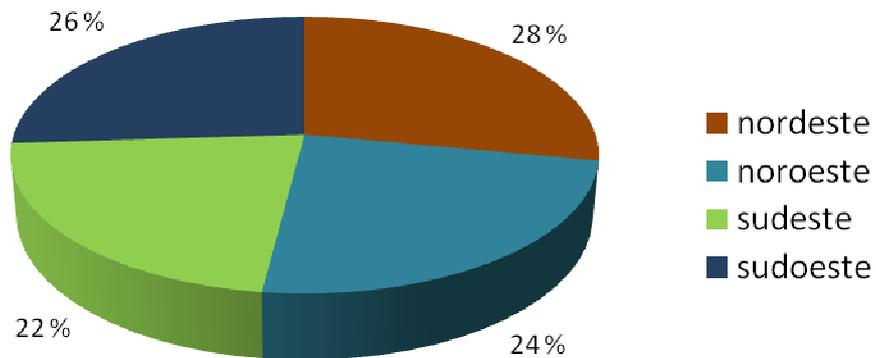


Figura 3: Área das faces de orientação da sub-bacia na cabeceira da bacia do Alto Rio Grande Nova Friburgo-RJ.

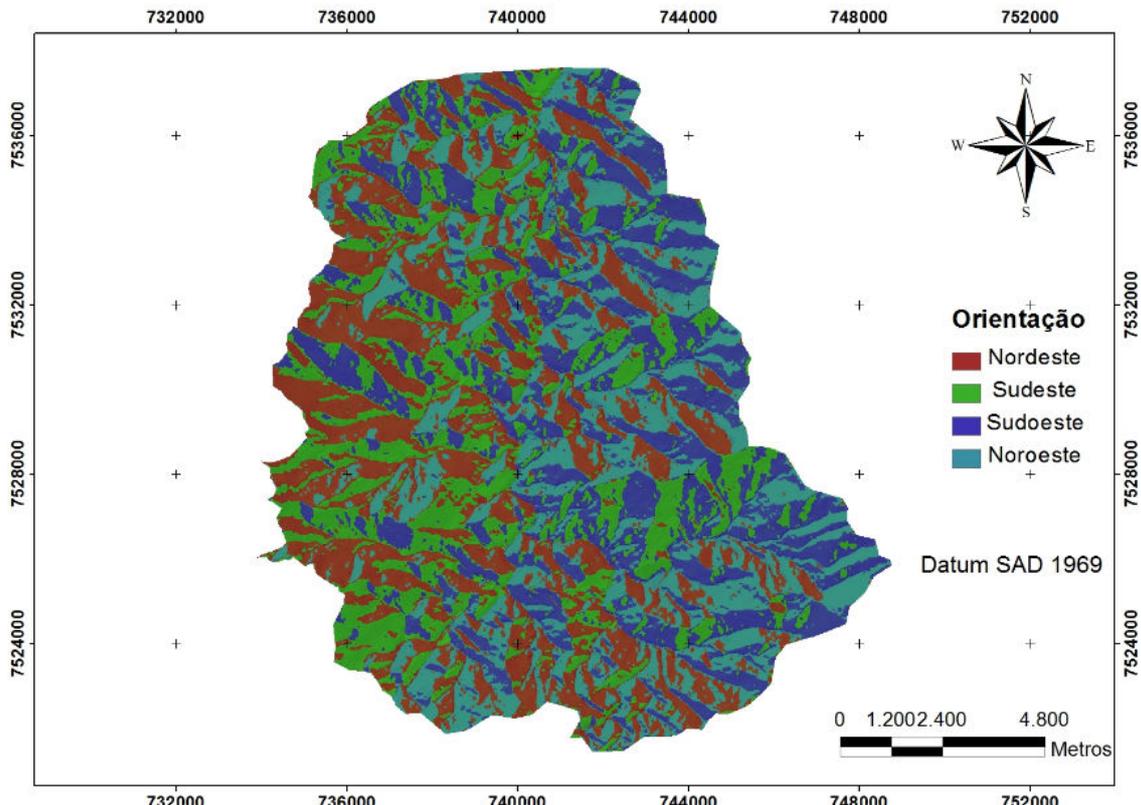


Figura 4: Faces de orientação de uma sub-bacia do Alto Rio Grande, Nova Friburgo-RJ.

Quanto à cobertura florestal, foram mapeados 170 fragmentos florestais, sendo que o maior deles próximo do interflúvio, por conta de seu tamanho (5029,33 ha), se comportou como um *outlier* e foi desconsiderado das análises (Figura 5). Este fragmento está inserido no PETP e encontra-se bem preservado sendo redundante incorporá-lo nas áreas prioritárias de pagamentos de serviços ambientais.

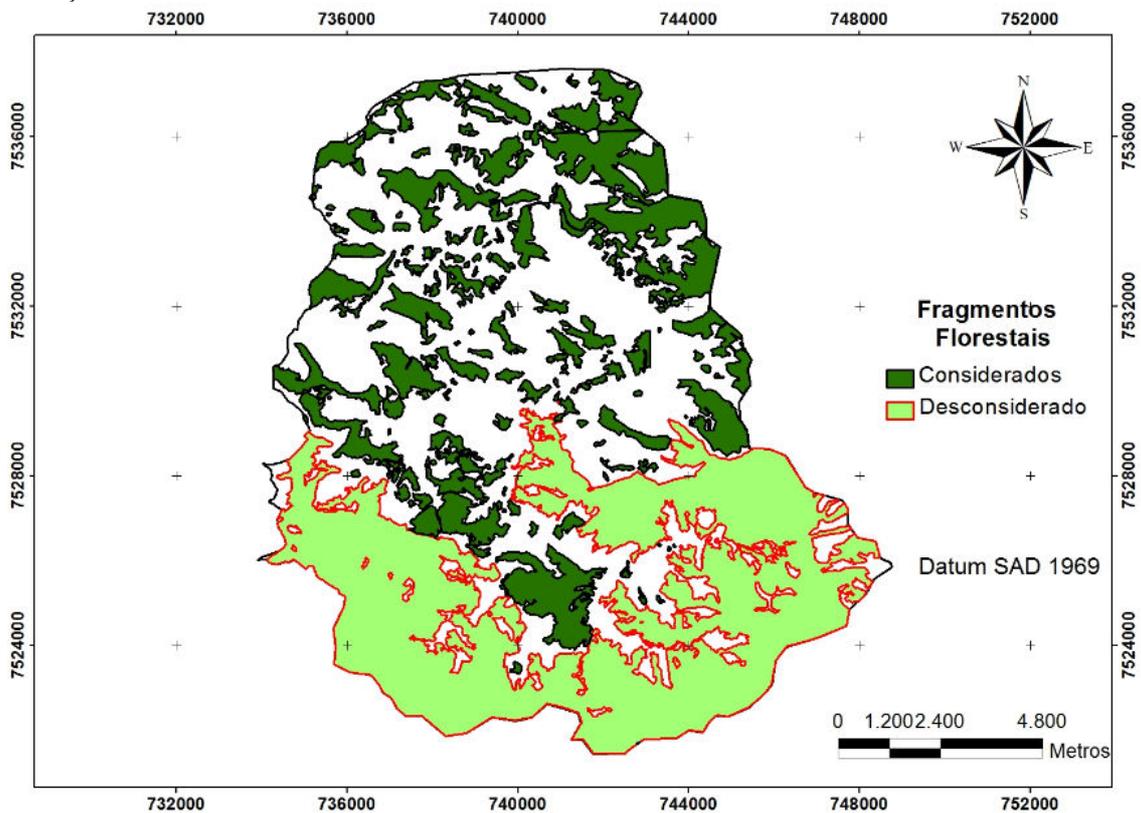


Figura 5: Mapa dos fragmentos florestais da sub-bacia da cabeceira do Alto Rio Grande, Nova Friburgo-RJ.

Os fragmentos florestais foram observados em maior quantidade nas vertentes Sudeste e Sudoeste com 71 e 50 fragmentos respectivamente, representando 71% dos fragmentos florestais mapeados. As vertentes Nordeste e Noroeste tiveram um número de fragmentos bastante inferior com apenas 34 e 14 respectivamente, representando os 29% dos fragmentos restantes (Tabela 1).

Estudo mostram que as vertentes orientadas para o Sul, principalmente no estado do Rio de Janeiro, tem uma oferta de atributos ambientais diferenciada em função da menor exposição aos raios solares dependendo da época do ano e maior incidência de massa de ar úmida, o que aumenta a resiliência e resistência desses ambientes a ação antropica (MELLO, 2009; BARBOZA, 2007).

Tabela 1: Número fragmentos por faces de orientações e somatório de suas respectivas áreas em hectare.

Orientação	Fragmentos Florestais	
	Quantidade	$\Sigma$ Área (ha)
Nordeste	34	123,45
Sudeste	71	1423,18
Sudoeste	50	1744,56
Noroeste	14	51,52
Total	169	3342,71

Quando somadas as áreas dos fragmentos em cada orientação, pode-se perceber maior cobertura florestal na orientação Sudoeste, mesmo esta possuindo um número menor de fragmentos, indicando que os fragmentos das vertentes Sudeste são menores em termos de área, a Nordeste e Noroeste apresentaram valores próximos entre si, mas proporcionalmente inferior as outras vertentes.

Comparando estatisticamente a área dos fragmentos entre as orientações distintas, se pode observar que o tamanho dos fragmentos nas orientações Sudeste, Sudoeste e Noroeste não apresentaram diferenças significativas. A orientação Nordeste foi a única que diferiu significativamente das outras vertentes (Figura 6).

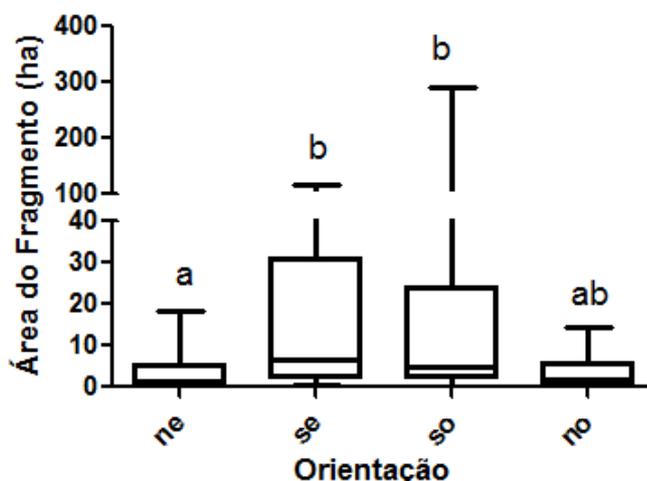


Figura 6: Análise do somatório das áreas dos fragmentos florestais por vertentes na cabeceira do Alto Rio Grande, Nova Friburgo-RJ, pelo teste de Kruskal - Wallis ( $p = 0,05$ ;  $N = 169$ ) onde as colunas seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

Alguns autores atribuem a menor ocorrência e tamanho de fragmentos na orientação Nordeste, a menor umidade destas vertentes favorecendo o uso para atividades agrícolas. Estas vertentes recebem maior intensidade de luz ao longo do dia, favorecendo o crescimento das espécies cultivadas (Marques *et al* 2004; Mello, 2009). Além disso, as vertentes mais ensolaradas tendem a reduzir a incidência de pragas e doenças das áreas agrícolas cultivadas (RODRIGUES, 1998; RODRIGUES *et al.*, 2003).

Quanto a umidade interceptada, o volume acumulado foi maior na VS com um total de 22.185 ml.kg massa seca<sup>-1</sup> em sete dias enquanto que na VN foi de 14.114 ml.kg massa seca<sup>-1</sup> (Figura 7).

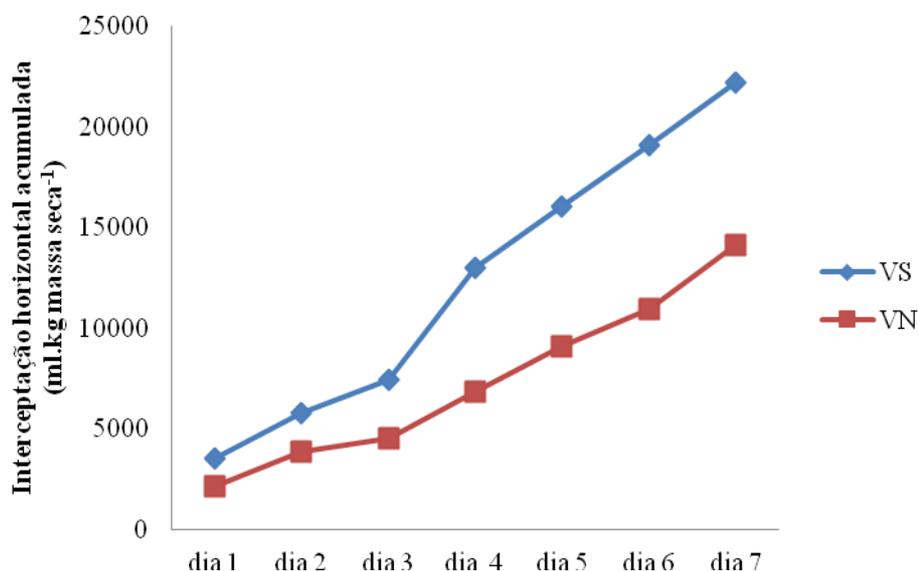


Figura 7: Volume acumulado de água interceptada horizontalmente em um período de 7 dias, em vertentes barlavento (vertente sul-VS) e sotavento (vertente norte-VN) numa região de Floresta Ombrófila Montana-RJ.

As médias diárias de interceptação horizontal para as vertentes VS e VN foram respectivamente 150 e 90 ml.kg massa seca<sup>-1</sup>. Na Ilha da Madeira, em Portugal, a precipitação de nevoeiro sob a vegetação arbustivo-arbórea evidenciou que o fator exposição aos ventos reflete positivamente na quantidade de água precipitada onde na vertente barlavento a chuva oculta foi 59% maior que a sotavento (PRADA e SILVA, 2001). Em estudos desenvolvidos na serra do Mar, RJ, na zona de distribuição da bacia aérea de Angra dos Reis, se observou valores de incremento de umidade de 44%, quando somados os valores de chuva oculta proporcionada pela interceptação horizontal (BARBOZA, 2007).

Os resultados deste estudo demonstraram que para a região de interflúvio da Serra do Mar, as orientações Sudeste e Sudoeste são as mais propícias para o desenvolvimento florestal, e que as vertentes barlavento (VS) apresentam maior aptidão para a interceptação horizontal de umidade proporcionando maior oferta de serviços hidro-ambientais.

#### 4. Conclusões

A área dos fragmentos florestais e a interceptação horizontal na ausência de chuvas foi maior na vertente Sudoeste, Sudeste e Sul, devendo ser consideradas áreas prioritárias para fins de investimento em serviços ambientais hidrológicos, visto que trazem um maior benefício em termos de aporte de água para a bacia e manutenção das florestas, garantindo assim a perenidade dos recursos hídricos nas áreas de cabeceira das bacias hidrográficas.

#### 5. Agradecimentos

Ao Instituto IBELGA pelo apoio e logística oferecido, a Fazenda Campestre pela permissão de trabalhar na área e a FAPERJ pela Bolsa de Iniciação Científica concedida ao primeiro autor.

#### 6. Bibliografia

- BARBOZA, R. S. **Caracterização das bacias aéreas e avaliação da chuva nos contrafortes da Serra do Mar-RJ**. Dissertação, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007. 68p.
- CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da bacia do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, v.30, n.2, Viçosa, 2006.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas da evolução dos remanescentes florestais e ecossistemas associados no domínio da Mata Atlântica no período 2005-2008**. São Paulo, SOS Mata Atlântica/INPE/ISA, 2009. 156p.
- MATA, A. P. **Legislação ambiental e uso atual do solo: O caso da microbacia do córrego de São Lourenço-Nova Friburgo-RJ**. 2006. 106f. Dissertação. Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro.
- MARQUES, O.; TIENNE, L.; CORTINES, E.; VALCARCEL, R.. Atributos ambientais definidores de presença de fragmentos florestais de Mata Atlântica em microbacias instáveis. EDUR. **Revista Universidade Rural Série Ciências da Vida**. V. 24, nº 2, 2004. p.145-150.
- MELLO, T.F. **Estrutura da vegetação, cobertura florestal e preferências de uso da paisagem associadas a vertentes: as quase-florestas de São Luiz de Paraitinga (SP)**. Dissertação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. 86p.
- METZGER, J. P. Como restaurar a conectividade de paisagens fragmentadas. In KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D.; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. **Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais**, Botucatu-SP, 2003. p.49-76.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, 2000. p. 853-858.
- PAGIOLA, S.; LANDELL-MILLS, N; BISHOP, J. Mecanismos baseados no mercado para conservação florestal e o desenvolvimento. In: PAGIOLA, S.; BISHOP, J.; LANDELL-MILLS, N. (Org.) **Mercados para serviços ecossistêmicos. Instrumentos econômicos para conservação e desenvolvimento**. p.1-8. Rio de Janeiro: Instituto Rede Brasileira Agroflorestal-REBARF, 2005.
- PRADA, S.; SILVA, M. O. Fog precipitation on the Island of Madeira (Portugal). **Environmental Geology**, v.41, p. 384-389, 2001.
- RODRIGUES, E. **Edge effects on the regeneration of tropical forest in South Brazil**. Tese de Doutorado de Harvard University 192 p. 1998
- RODRIGUES, E.; CAINZO, R. L. P.; QUEIROGA, J.; HERRMANN, B. C. Conservação em paisagens fragmentadas. Pp.481-515. In: CULLEN Jr., L. C.; RUDRAN, R; VALADARES-PADUA, C.(Org.). **Métodos de estudo em biologia da conservação & manejo da vida silvestre**. Ed.UFPR; Fundação O Boticário de Proteção a Natureza, 2003.
- SCHIMIDT, J.; EVANS, I. S.; BRINKMANN, J. Comparison of polynomial models for land surface curvature calculation. **International Journal of Geographical Information Science**, v.17, n.8, 2003. p. 797-814.
- VELOSO, H. P.; RAGEL FILHO, A. L.R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 124p.