

## Diversidade do sub-bosque e cobertura da serrapilheira em mosaico de Mata de Tabuleiro e Mussununga na Reserva Natural Vale, Linhares, Espírito Santo, Brasil

Diversity of understory vegetation and litter cover in mosaics of Mata de Tabuleiro and Mussununga on Vale Nature Reserve, Linhares, Espírito Santo, Brazil

André Luiz P Barroso<sup>1,3,4\*</sup>, Carlos Moacir Colodete<sup>2,3,4</sup> e Levy C Gomes<sup>4,5</sup>

1. Bolsita FAPES de Mestrado; 2. Bolsista FAPES de Doutorado; 3. Laboratório de Ecologia da Matéria Orgânica (LEMO); 4. Programa de Pós-graduação em Ecologia de Ecossistemas – PPEE. Universidade Vila Velha – UVV. Rua Comissário José Dantas de Melo 21, Boa Vista, Vila Velha, ES. 29102-920, Brasil; 5. Professor Titular, Bolsista de produtividade científica do CNPq, Laboratório de Ictiologia Aplicada.

\*Autor para correspondência: [andrepaierb@gmail.com](mailto:andrepaierb@gmail.com)

**Resumo** O sub-bosque é a vegetação encontrada no interior de florestas, abaixo dos dosséis, que forma um nicho importante para a vegetação local, especialmente em regiões de Mata Atlântica. Essa vegetação influencia o aporte e degradação da serrapilheira, que por sua vez, determina a disponibilidade de recursos e a biomassa produzida no ambiente. O objetivo do presente trabalho foi avaliar se cobertura da serrapilheira afeta a diversidade do sub-bosque entre Mussununga e Mata de Tabuleiro. Nossa hipótese é que a cobertura da serrapilheira interfere na diversidade do sub-bosque entre a Mata de Tabuleiro e Mussununga. O estudo foi desenvolvido em uma área de Mata de Tabuleiro (19°08'28.9"S 40°04'00.8"W) e duas áreas de Mussununga (19°08'28.9"S 40°04'00.8"W e 19°09'07.7"S 40°03'39.8"W), todas situadas na Reserva Natural Vale, Município de Linhares, estado do Espírito Santo. Foram coletadas todas as plantas do sub-bosque, com altura entre 0,5 e 2m, que entraram em contato com o coletor e coletando somente uma amostra por planta. Foram traçados 20 trajetos no interior de uma área de Mata de Tabuleiro e 10 trajetos em duas áreas de Mussununga, sendo que cada trajeto possuía 10m de extensão com 20m de espaçamento entre eles. Dessa forma foi encontrada a riqueza e abundância de morfoespécies (ME) e calculados os índices de Diversidade de Shannon, Jaccard e Equabilidade. Foi confeccionado um grid de 50x50cm, contendo 25 compartimentos de 10x10cm, utilizado para estimar a porcentagem de cobertura da serrapilheira no início e final de cada trajeto. As médias dos valores de cobertura das duas áreas foram posteriormente comparadas através de teste *t* (software R v3.1.1). Os resultados foram de 93% de cobertura com 44 ME para a Mussununga e 60% de cobertura com 64 ME para a Mata de Tabuleiro. Isso pode ser reflexo de propriedades não quantitativas, mas qualitativas da serrapilheira, como quantidade de lignina nas

folhas, razão Carbono/Nitrogênio e compostos tanínicos específicos. Além de características físicas do ambiente, como porosidade do solo e temperatura. Todos esses fatores dificultam a degradação da matéria orgânica e favorecem o acúmulo da serrapilheira por períodos prolongados, mesmo em regiões com vegetação menos diversa.

**Palavras-chaves:** sub-bosque, serrapilheira, Mussununga, Mata de Tabuleiro, diversidade.

**Abstract** The understory is the vegetation found in forests interiors, below canopy level, that form an important niche for local vegetation, especially in Atlantic Forest regions. This vegetation influences the contribution and degradation of litter, that determines the availability of resources and production of biomass. This works objective was to evaluate if litter coverage affects understory diversity between Mussununga and Tabuleiro Forest. Our hypothesis is that litter coverage interferes with understory diversity between Mussununga and Tabuleiro Forest. The study was developed in one area of Tabuleiro Forest (19°08'28.9"S 40°04'00.8"W) and two areas of Mussununga (19°08'28.9"S 40°04'00.8"W and 19°09'07.7"S 40°03'39.8"W), all situated inside Vale Natural Reserve, Linhares, Espírito Santo state. All understory plants were collected, with a height between 0.5 and 2 meters, that came into contact with the collector and collecting only one sample per plant. 20 paths were traced inside one Tabuleiro Forest area and 10 paths in each Mussununga areas, and each path was 10 meters long with 20 meters of space between each other. This way morphospecies (ME) richness and abundance were found and indexes of Shannon diversity, Jaccard and equability were calculated. A grid, measuring 50x50cm and containing 25 compartments with 10x10cm each, was made to measure the litter coverage percentage

at the start and end of each path. The average coverage values of the two areas were then compared by t test (R v3.1.1 software). The results were 93% coverage with 44 ME for Mussununga and 60% coverage with 64 ME for Tabuleiro Forest. These results could be due to, not quantitative properties, but qualitative properties of litter, like lignin amount in leaves, Carbon/Nitrogen ratio and specific tannins. In addition to physical characteristics of the environment, such as soil porosity and temperature. All these factors hinder the degradation of organic matter and favor the accumulation of litter for prolonged periods, even in regions with less diverse vegetation.

**Keywords:** understory, litter, Mussununga, Tabuleiro Forest, diversity.

## Introdução

A Reserva Natural Vale (RNV) com 22.711 ha, é uma das maiores áreas protegidas de Mata Atlântica, composta por mosaicos de habitats naturais denominados de Mata de Tabuleiro (68% da área total da Reserva) e Mussununga (aproximadamente 7,9% da Reserva). A RNV é um dos grandes centros de alta diversidade e endemismo no Brasil. Dessa forma, o conhecimento e caracterização de padrões de abundância e riqueza de espécies dessas comunidades são de grande importância em sua conservação (Companhia Vale do Rio Doce 1987). Concomitantemente, preservar sua biodiversidade torna-se indispensável (Odion e Sarr 2007) e, assim, estratégias para aumentar a composição vegetal e acelerar o desenvolvimento de mata, ganharam grande interesse (Lindh e Muir 2004).

Adicionalmente, faz-se necessário maior conhecimento sobre a diversidade (incorporando-se riqueza, dominância e equabilidade) e dinâmica da vegetação de sub-bosque (Begon *et al.* 2007). Segundo Santos (2007) o sub-bosque é uma vegetação rasteira que se encontra no interior das matas, especialmente na Mata Atlântica. O mesmo autor ressalta que o sub-bosque forma um nicho ecológico de vital importância no ecossistema a que pertence. Nesse sistema altamente úmido e sombreado pela vegetação superior, predominam pequenos arbustos, epífitas, fungos.

A composição vegetal tem direta influência nas taxas de deposição e decomposição de serrapilheira e, além disso, a disponibilidade de recursos determina a quantidade de biomassa que pode ser produzida em um dado ambiente (Chapin 1980, Berg 2014). Por isso, grande atenção é dada por parte dos ecólogos, pois além do fornecimento de micro e macro habitats, a serrapilheira é um bom indicativo ecológico de produtividade, ciclagem de nutrientes e fertilidade do solo (Begon *et al.* 2007, González e Seastedt 2000).

De acordo com González e Seastedt (2000) a serrapilheira é composta por restos animais e vegetais, tecidos foliares, galhos, sementes, troncos e sua taxa de decomposição é afetada, em parte, pela sazonalidade regional, espécies vegetais locais,

clima, altitude e latitude. Adicionalmente, destacamos outras atribuições, tais como: facilitação na captação da água das chuvas, notável proteção contra a erosão eólica e retenção de umidade no solo. Dessa forma, a decomposição da serrapilheira é um processo chave no fluxo de carbono entre biosfera e atmosfera, está relacionado a vários aspectos da biodiversidade e podem ter resultados positivos ou negativos na decomposição da matéria orgânica (Hattenschwiler e Scheu 2005, Handa *et al.* 2014).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar se cobertura da serrapilheira afeta a diversidade do sub-bosque entre Mussununga e Mata de Tabuleiro. Nossa hipótese é que a cobertura da serrapilheira interfere na diversidade do sub-bosque entre a Mata de Tabuleiro e Mussununga.

## Métodos

O estudo foi conduzido no sudeste do Brasil, estado do Espírito Santo, dentro da RNV, sendo uma área na Mata de Tabuleiro (19°08'28.9"S 40°04'00.8"W) e duas na Mussununga (19°08'28.9"S e 40°04'00.8"W) (19°09'07.7"S 40°03'39.8"W) em Linhares. O clima é tropical quente e úmido, com temperatura média anual de 23,3°C (variando de 14,8°C a 34,2°C), precipitação média de 1,202 mm e fitofisionomia caracterizada como Floresta Estacional Semidecidual (IBGE 2012).

O método amostral envolveu a coleta de material vegetal de plantas do sub-bosque com altura média entre 0,5 e 2 m, ignorando vegetação herbácea, sendo coletadas todas as plantas que entraram em contato com o coletor, em trajetos de 10 m e somente uma amostra por planta. As amostragens ocorreram em três locais no interior da reserva, um em área de Mata de Tabuleiro, com 20 trajetos, e dois em áreas de Mussununga com 10 trajetos cada (totalizando 20 trajetos para cada área). Os trajetos possuíam 10 m de extensão, com espaçamento de 20 m entre eles, tendo a certeza de que nenhum deles se cruzou em nenhuma das áreas. Todo o material vegetal coletado foi separado e identificado por morfo-espécies (ME).

Foram encontrados a riqueza e a abundância para cada área (Mata de Tabuleiro e Mussununga), sendo realizado um teste *t* a posteriori, feito no software R-3.1.1, entre os dois locais de Mussununga, mostrando que não existem diferenças significativas entre eles ( $p > 0,05$ ). Após teste estatístico, foi analisado para cada área, o Índice de Rarefação com os dados coletados e comparados com os valores de riqueza por um estimador de riqueza denominado *Jackknife* ( $S = S_{obs} + L(a-1)/a$ ), onde  $S$  = estimador de riqueza,  $S_{obs}$  = número total de espécies observadas na amostra em todas as amostras,  $L$  = número de espécies que ocorrem só em uma amostra,  $a$  = número de amostras, sendo ambos os testes realizados no programa R-3.1.1.

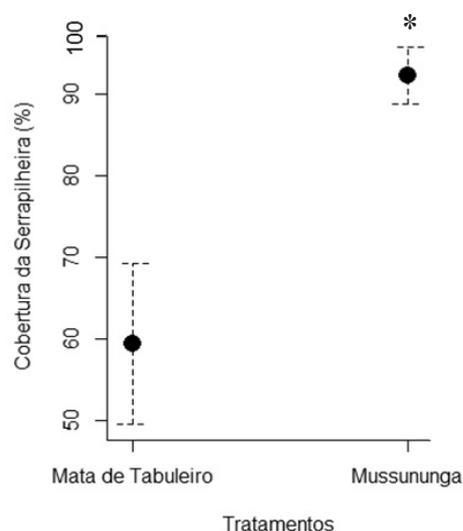
Foi calculado o índice de diversidade de Shannon-Wiener, que expressa o grau de incerteza que existe em se predizer a qual espécie pertence um indivíduo escolhido ao acaso em uma comunidade contendo "S" espécies e "N" indivíduos. Assim como o índice de Jaccard, utilizado para comparar a similaridade de

amostras. A equitabilidade (J), também conhecida como índice de equabilidade de Pielou, é um componente do índice de diversidade de Shannon-Wiener que reflete a forma através da qual os indivíduos encontram-se distribuídos entre as diferentes espécies presentes na amostra. Os índices equabilidade  $J = H'/H_{max}$ , pertence ao intervalo de 0-1, onde 1 representa a máxima diversidade, ou seja, as espécies são igualmente abundantes.

Para amostrar a cobertura de serrapilheira foi confeccionado um grid de 50x50cm, contendo 25 compartimentos, de 10x10cm. Além disso, cada compartimento representava 4% da cobertura (sendo 4% x 25 compartimentos = 100% de cobertura). Utilizou-se um padrão para coleta de dados para cobertura (em %), sendo um no início e outro no final de cada trajeto, de acordo com o número de compartimentos preenchidos ou vazios. Após este procedimento foi realizado um teste *t* comparando as médias dos valores de cobertura de duas áreas (software R-3.1.1).

## Resultados e discussão

A cobertura de serrapilheira é significativamente maior ( $p \leq 0,05$ ) na Mussununga, com 93% de cobertura, do que na Mata de Tabuleiro, 60% de cobertura (Figura 1) (Tabela 1). Esse resultado é inverso ao esperado, pois na Mata de Tabuleiro observou-se áreas de maior vegetação e dossel, possivelmente devido ao solo mais argiloso (alta retenção de água), quando comparados a área de Mussununga, sendo caracterizado por local seco, sub-bosque com maior incidência luminosa (devido a sua vegetação espaçada) e com árvores de menores diâmetros e alturas, supostamente pela característica do solo arenoso do local (baixa retenção de água). Adicionalmente os resultados podem ser explicados, por adaptações das plantas ao clima seco da área de Mussununga, propiciando assim a queda das folhas. Powers *et al.* (2009) relataram que a perda das folhas em Florestas Estacionais é uma adaptação para reduzir a perda de água



**Figura 1** Porcentagem de cobertura da serrapilheira nas áreas de Mussununga e Mata de Tabuleiro, \* indica diferença significativa pelo teste *t*.

**Tabela 1** Descrição dos respectivos valores de cobertura da serrapilheira, riqueza observada de morfoespécies, riqueza estimada por *Jackknife*, diversidade de Shannon e Equitabilidade para Mussununga e Mata de Tabuleiro.

Descrição	Mussununga	Mata de Tabuleiro
Cobertura da serrapilheira (%)	93	60
Riqueza observada	44	63
Riqueza estimada ( <i>Jackknife</i> )	64	89
Índice de diversidade (Shannon)	3,73	3,37
Equitabilidade	0,90	0,89

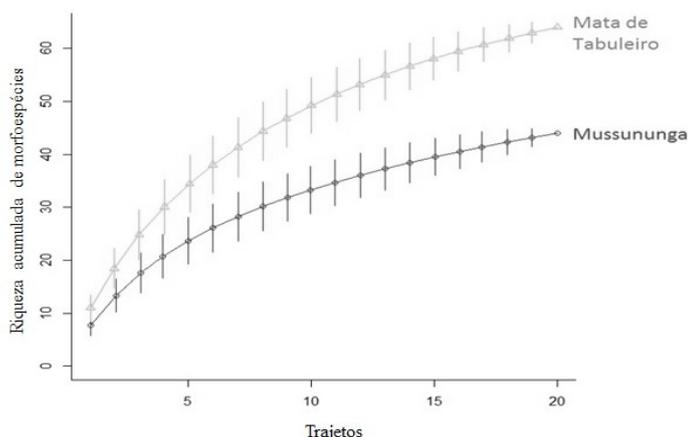
por transpiração, além de induzir maior desenvolvimento das raízes, aumentando sua capacidade de aquisição água no solo.

Além disso, áreas de Mussununga, por serem ambientes mais abertos, podem estabelecer adaptações apropriadas à grande incidência de espectros luminosos e a herbivoria. Dentre estas adaptações, podemos citar o aumento na quantidade de lignina (polímero fenólico ramificado) nestes locais (Davin e Lewis 2000). Além disso, a lignina pode proporcionar uma barreira física na folha (proteção vegetal) contra o excesso de luz solar, sua resistência física coíbe seu consumo pelos herbívoros e sua estabilidade química a torna relativamente indigerível por esses animais. Por sua capacidade de ligação à celulose e às proteínas, a lignina também reduz a digestibilidade dessas substâncias. A lignificação bloqueia também o crescimento de patógenos e é uma resposta frequente à infecção ou lesão (Hatfield e Vermerris 2001). A segunda adaptação está na razão Carbono/Nitrogênio dos compostos, que modificam a velocidade de decomposição e a liberação de nutrientes para o solo (Wieder *et al.* 2009). A taxa de decomposição da matéria orgânica é fortemente dependente da composição bioquímica da planta e influenciada pelos nutrientes minerais, especificadamente o nitrogênio (amônia e nitrato), que são disponíveis no meio ambiente. Quando o nitrogênio não está disponível todo o processo de decomposição torna-se lento e a serrapilheira não decomposta se acumula (Begon *et al.* 2007).

Segundo Ivanauskas *et al.* (2008) a Floresta Estacional Perenifólia está presente nos climas estacionais que não chegam a provocar queda foliar acentuada para a maioria das árvores do dossel, pois mesmo no período seco há água disponível no solo. Assim, as árvores não sofrem déficit hídrico e o dossel se mantém sempre verde. Portanto, a partir destes relatos não foi possível, neste estudo, relacionar à caracterização da RNV como uma Floresta Estacional Perenifólia quanto à queda das folhas.

A riqueza de espécies refere-se à quantidade de espécies encontradas em uma determinada área, sendo que a riqueza pode ser calculada de diversas formas para um mesmo conjunto de dados, podendo haver métodos que se ajustem melhor do que outros.

Os resultados avaliados através do Índice de Rarefação, demonstraram que em todos os 20 trajetos obteve-se uma riqueza significativamente maior na Mata de Tabuleiro do que na Mussununga (Figura 2). Nossos dados estão de acordo com Mantovani *et al.* (2010) onde estes autores afirmam que a perspectiva de riqueza vegetal está



**Figura 2** Riqueza acumulada de morfoespécies nos 20 trajetos das áreas de Mussununga e Mata de Tabuleiro, com desvio padrão de 95%, através de rarefação, gerado no software R v3.1.1.

correlacionada diretamente com maior disponibilidade hídrica e de matéria orgânica, e menor concentração de lignina. Segundo Wahyudiono *et al.* (2008) a lignina apresenta maior resistência a decomposição especialmente em locais com menor potencial hídrico. Sendo assim espera-se, a partir dos dados destes autores, que em áreas de Mussununga, possivelmente, haverá menor degradação de matéria orgânica no solo e conseqüentemente menor riqueza de espécies.

Nosso estudo encontrou, ao final dos 20 trajetos, valores observados para riqueza acumulada de 44 morfo espécies (ME) na área de Mussununga e 64 ME na Mata de Tabuleiro. Para averiguar se nossas unidades amostrais foram suficientes para um platô preciso, utilizou-se o recurso estatístico de variância de estimação linear de riqueza *Jackknife*. Essa técnica de reamostragem foi utilizada por Leite (2007) em vegetações de sub-bosque de Mata Atlântica. A estimativa de riqueza total gerada pelo estimador *Jackknife* em Mussununga foi a mais baixa com 63 ME e para Mata de Tabuleiro a mais alta com 89 (Tabela 1). Além disso, com base dos dados de valores de espécies observadas ( $S_{obs}$ ) e esperados ( $S_{esp}$ ), pode-se inferir que nosso esforço amostral real foi significativo, de aproximadamente 70% no mosaico de Mussununga e 72% para Mata de Tabuleiro, o que segundo Vieira e Mendel (2002) indicam um bom esforço amostral e que o levantamento realizado se aproximou da realidade. Os estimadores se tornam mais precisos com o aumento do número de coletas (Colwell 2004).

O índice de diversidade de Shannon-Wiener não diferiu significativamente ( $p \leq 0,05$ ) entre Mussununga e Mata de Tabuleiro (sendo  $H' = 3,37$  e  $H' = 3,73$  respectivamente) (Tabela 1). Dessa forma, podemos inferir, com base nos dados apresentados, que existe pouca influência da cobertura da serrapilheira sobre a diversidade de espécies do sub-bosque.

Foi calculado o índice de similaridade de Jaccard ( $\alpha\beta$ ) entre Mussununga e Mata de Tabuleiro, resultando num baixo coeficiente de similaridade (apenas 0,32) entre as áreas. Sendo assim, podemos inferir, antagonicamente, uma alta dissimilaridade (0,68) entre as áreas estudadas.

Portanto, a hipótese alternativa de que a cobertura da

serrapilheira interfere na diversidade do sub-bosque entre a Mata de Tabuleiro e Mussununga foi refutada.

## Agradecimentos

A Universidade Vila Velha (UVV) e à Vale pelo apoio à pesquisa e por disponibilizar suas estruturas, estadia, transporte e equipamentos. Este trabalho foi suportado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) através da bolsa de Mestrado do discente André Lauiz Paier Barroso e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES) (Edital: 001/2014), bolsa de Doutorado do discente Carlos Moacir Colodete.

## Referências

- Begon M, Colin RT, John LH (2007) **Ecologia**: de indivíduos a ecossistemas 4 ed. Porto Alegre, Artmed.
- Berg B (2014) Decomposition patterns for foliar litter – A theory for influencing factors. **Soil Biology and Biochemistry** 78: 222–232.
- Chapin FS III (1980) The mineral nutrition of wild plants. **Annual Review of Ecology and Systematics** 11: 233-260.
- Colwell RK, Anne C, Nicholas J G, Shang-Yi L, Chang XM, Robin LC, John TL (2012) Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation and comparison of assemblages. **Journal of Plant Ecology** 1: 3-21.
- Companhia Vale do Rio Doce (1987) Reserva Florestal da CVRD em Linhares. **CVRD-Revista** 27: 1-18.
- Davin LB, Lewis NG (2000) Dirigent proteins and dirigent sites explain the mystery of specificity of radical precursor coupling in lignan and lignin biosynthesis. **Plant Physiology** 123: 453–461.
- Gonzalez G, Seastedt TR (2000) Comparison of the abundance and composition of soil fauna litter in tropical and subalpine forests. **Pedobiologia** 44: 545-555.
- Handa T, Rien A, Frank B, Matty PB, Andreas B, Olaf B, Eric C, Mark O, Marika M, Brendan GM, Björn M, Edwin THMP, Stefan S, Bernhard S, Jasper van R, Veronique CAV, Stephan H (2014) Consequences of biodiversity loss for litter decomposition across biomes. **Nature** 509: 218-231.
- Hatfield R, Vermerris W (2001) Lignin Formation in Plants. The Dilemma of Linkage Specificity. **Plant Physiology** 126: 1351–1357.
- Hattenschwiler S, Tiunov AV, Scheu S (2005) Biodiversity and litter decomposition in terrestrial ecosystems. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics** 36: 191–218.
- IBGE (2012) **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2 ed. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.
- Ivanauskas NM, Monteiro R, Rodrigues RR (2008) Classificação fitogeográfica das florestas do Alto Rio Xingu. **Acta Amazonica** 38: 387-402.
- Leite RD (2007) Resampling technique was used in the understory vegetation of Mata Atlântica. **Acta Amazonica** 38: 23-33.
- Lindh B, Muir P (2004) Understory vegetation in young Douglas-fir forests: does thinning help restore old-growth composition? **Forest Ecology and Management** 192: 285-296.
- Mantovani BR, Robinson-Whelen S, Oschwald M, Hughes RBS (2010) The perspective of plant wealth is directly correlated with greater water availability

- and organic matter and lower lignin. **Plant Physiology** 345: 33-45.
- Odion DC, Sarr DA (2007) Managing disturbance regimes to maintain biological diversity in forested ecosystems of the Pacific Northwest. **Forest Ecology and Management** 246: 57-65.
- Powers LE, Renker P, Robinson-Whelen S, Oschwald M, Hughes RB, Swank P, Curry MA (2009) Loss of leaves Seasonal Forests is adapted to reduce water loss by transpiration. **Nature** 9: 1040-1069.
- Santos AS (2007) Sub-bosque: Importância e proteção jurídica. Programa Ambiental: “**A última arca de Noé**”. Disponível em: <<http://www.ultimaarcadenoe.com>>.
- Vieira LM, Mendel SM (2002) Riqueza de artrópodes relacionada à complexidade estrutural da vegetação: uma comparação entre métodos. **Ecologia de Campo-Curso de Campo** 23-34.
- Wahyudiono MS, Motonobu G (2008) Recovery of phenolic compounds through the decomposition of lignin in near and supercritical water. **Chemical Engineering and Processing** 47: 1609-1619.
- Wieder RK, Scott KD, Kamminga K, Vile MA, Vitt DH, Bone T, Xu B, Benscoter BW, Bhatti JS (2009) Postfire carbon balance in boreal bogs of Alberta, Canada. **Global Change Biology** 15: 63-81.