

Teor e redistribuição de nutrientes nas folhas de *Bixa arborea* Huber.
e *Joannesia princeps* Vell. em área de restauração florestalLevels and redistribution of nutrients in the leaves of *Bixa arborea* Huber.
and *Joannesia princeps* Vell. in a forest restoration areaMarcos Vinicius Winckler Caldeira¹, Fagner Luciano Moreira²,
Elzimar de Oliveira Gonçalves¹, Ítalo Favoreto Campanharo³ e Kallil Chaves Castro⁴**Resumo**

Uma importante estratégia de reciclagem de nutrientes pelas plantas é a redistribuição interna de nutrientes (movimento de nutrientes dos tecidos mais velhos em direção a tecidos mais novos); entretanto, em espécies nativas da Mata Atlântica pouco se conhece sobre este mecanismo. Estudos que objetivam avaliar a redistribuição de nutrientes das mesmas podem ser uma importante ferramenta na escolha de espécies potenciais para restauração de áreas degradadas. Dessa forma, objetivou-se com este trabalho analisar o teor e a redistribuição de nutrientes nas folhas de *Bixa arborea* Huber. e *Joannesia princeps* Vell., duas espécies de evidente destaque quanto a produção de serapilheira e crescimento, na restauração de áreas degradadas do norte do Estado do Espírito Santo. O estudo foi realizado em três plantios de espécies nativas com diferentes diversidades (D1= 29 espécies; D2= 58 espécies; D3= 114 espécies). Em cada plantio foram selecionados aleatoriamente cinco indivíduos de cada uma das espécies (*Bixa arborea* e *Joannesia princeps*) e sob suas copas instalados coletores retangulares. As folhas interceptadas nos coletores (folhas senescentes) foram recolhidas após um mês da instalação, sendo nesta mesma ocasião realizada a coleta de folhas da copa (folhas maduras). As coletas de material ocorreram em outubro de 2013 (estação com menor precipitação) e em janeiro de 2014 (estação com maior precipitação). Após secagem em estufa, as amostras foram trituradas e submetidas à análise química, para determinação dos teores dos nutrientes, e, posteriormente, calculadas as redistribuições. Para a análise dos teores dos nutrientes dos tecidos vegetais utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado em um esquema fatorial 3x2 (3 diversidades por 2 estádios fisiológicos das folhas) com cinco repetições. As diferentes riquezas dos tratamentos não influenciaram nos teores da maior parte dos nutrientes do tecido foliar das duas espécies em ambas as épocas. Os nutrientes N, K e P foram os mais redistribuídos nas duas espécies. A redistribuição de nutrientes em *J. princeps* tendeu ser mais elevada no período de menor precipitação, e a *Bixa arborea* tendeu a ser maior no período de maior precipitação. As espécies têm um eficiente padrão de reaproveitamento de nutrientes, evidenciando grande potencial na restauração florestal.

Palavras-chave: Ciclagem bioquímica; eficiência nutricional de florestas; mobilidade de nutrientes.

Abstract

An important strategy for utilization of nutrients by plants is the internal redistribution of nutrients (movement of nutrients from older tissues toward younger tissues). Among native species in the Atlantic Forest, little is known about this mechanism. Studies to evaluate the redistribution of nutrients of these species can be an important tool in the selection of potential species for restoration of degraded areas. Thus, the objective of this work was to analyze the content and redistribution of nutrients in the leaves from two species of high litter production and growth, for restoration of degraded areas in the north of Espírito Santo State: *Bixa arborea* Huber. and *Joannesia princeps* Vell. The study was conducted in three plantings of native species with different diversities (D1 = 29 species; D2 = 58 species; D3 = 114 species). In each planting five individuals of these species (*Bixa arborea* e *J. princeps*) were randomly selected, and under their canopies rectangular

¹Professor Associado no Departamento de Ciências Florestais e da Madeira. UFES - Universidade Federal do Espírito Santo / Centro de Ciências Agrárias e Engenharias – Avenida Governador Lindemberg, 316, Centro – 29550-000 - Jerônimo Monteiro – ES, Brasil. E-mail: mvwcaldeira@gmail.com; elzimarog@yahoo.com.br

²Engenheiro Florestal. Klabin / Unidade Florestal. Avenida Brasil, 26, Harmonia – 84275-000 – Telêmaco Borba, PR, Brasil. E-mail: flmflorestal@gmail.com

³Graduando em Engenharia Florestal. UFES - Universidade Federal do Espírito Santo / Centro de Ciências Agrárias e Engenharias – Avenida Governador Lindemberg, 316, Centro – 29550-000 - Jerônimo Monteiro – ES, Brasil. E-mail: italocampanharo@gmail.com

⁴Doutorando em Engenharia Florestal. UFES - Universidade Federal do Espírito Santo / Centro de Ciências Agrárias e Engenharias – Avenida Governador Lindemberg, 316, Centro – 29550-000 - Jerônimo Monteiro – ES, Brasil. E-mail: kallil_florestal@yahoo.com.br

collectors were installed. After a month, the leaves intercepted by the collectors (senescent leaves) were collected, and simultaneously leaves in the canopy were collected (mature leaves). The collections of material occurred in October 2013 (the lowest rainfall season) and January 2014 (highest rainfall). After oven drying, the samples were triturated and subjected to chemical analysis to determine the levels of nutrients, and subsequently redistributions were calculated. In order to analyze the nutrient content of plant tissues we used the randomized design in a factorial design (3 treatments per two physiological stages of leaves) with five replications. The large number of different treatments did not influence the levels of most nutrients from leaf tissue of both species in both seasons. The nutrients N, P and K were redistributed over the two species. The redistribution of nutrients in *J. princeps* tended to be higher in periods of low rainfall, and *Bixa arborea* tended to be higher in the period of greatest rainfall. Both species have an efficient pattern of reuse of nutrients, showing great potential for forest restoration.

Keywords: Biochemical cycling; nutritional efficiency of forests; mobility of nutrients.

INTRODUÇÃO

A diversidade de espécies pode ser regida pela disponibilidade de um ou mais nutrientes, onde a competição entre espécies, a tolerância aos baixos teores de nutrientes e a capacidade de adquirir estes nutrientes permite que uma determinada espécie de desloque para novos sítios a partir de uma comunidade (LALIBERTÉ et al., 2013).

A quantidade de nutrientes envolvidos no sistema solo-planta é um fator preponderante no desenvolvimento e produção de florestas em ecossistemas florestais. A limitação de nutrientes pode ser avaliada por meio de medidas da disponibilidade de nutrientes no solo vinculados aos teores de nutrientes nos tecidos vegetais (AERTS; CHAPIN, 2000; VITOUSEK, 2004).

De acordo com Chapin (1980), plantas que se desenvolvem em solos de baixa fertilidade podem conter maiores teores de nutrientes nas folhas do que plantas de solos com boa fertilidade. Esta questão, provavelmente, está relacionada ao desenvolvimento de mecanismos estratégicos de conservação de nutrientes pela espécie vegetal (BREEMEN, 1995; SATTI et al., 2003), preconizada pela eficiência na utilização dos nutrientes pelas plantas.

Neste sentido, um importante mecanismo de aproveitamento de nutrientes é a ciclagem no interior dos tecidos vegetais, conhecido como ciclagem bioquímica, redistribuição ou retranslocação de nutrientes. A ciclagem bioquímica transfere determinado nutriente de um órgão para outro, por exemplo, de uma folha fisiologicamente mais velha para uma folha nova (SWITZER; NELSON, 1972).

Os teores de nutrientes da biomassa vegetal são influenciados principalmente pela idade da folha e pela espécie florestal em questão. Assim, a idade está relacionada com a redistribuição dos nutrientes para tecidos mais novos ou para drenos antes da senescência de tecidos mais velhos (CALDEIRA et al., 2002). Segundo Saur et al. (2000), os estudos de redistribuição de nutrientes para espécies coníferas e espécies decíduas perenes são abundantes, em contrapartida, poucos são os que buscam avaliar a translocação em espécies folhosas nativas. Ainda hoje, esta premissa é verdadeira, o que confere uma enorme lacuna de conhecimento a cerca desta questão.

Diante do exposto, pouco se conhece sobre a ciclagem bioquímica de espécies nativas da Mata Atlântica. Estudos no sentido de avaliar a eficiência na utilização de nutrientes pelas mesmas pode ser uma ferramenta fundamental na escolha de espécies potenciais para restauração de áreas degradadas. Espécies que têm maior redistribuição utilizam os nutrientes de forma mais eficiente, desenvolvendo-se normalmente em solos de baixa fertilidade. Desta forma, espera-se que, em um primeiro momento, as espécies mais adaptadas às condições de pouca disponibilidade de nutrientes ocupem o sítio melhorando-o fisicamente e quimicamente, e conseqüentemente, abre caminho para o desenvolvimento das outras mais exigentes

Com isso, é importante o estudo a cerca da eficiência do uso dos nutrientes para espécies implantadas em área de restauração, como a *Bixa arborea* Huber. e a *Joannesia princeps* Vell. Estas espécies vêm despertando interesse para estudos mais aprofundados, dado que se encontram presentes em grande número na floresta de tabuleiro do norte do Espírito Santo e têm apresentado ótimos resultados com relação à cobertura do solo e rápido crescimento em projetos locais de restauração florestal.

Frente ao explicitado, duas hipóteses são formuladas em relação às espécies *Bixa arborea* e *Joannesia princeps*: i) o teor e a redistribuição de nutrientes das duas espécies são influenciados pelas

diferentes riquezas de espécies do entorno?; ii) as duas espécies têm, elevada redistribuição de nutrientes no interior dos seus tecidos?

A fim de verificar estas hipóteses, objetivou-se com o presente estudo avaliar o teor e a redistribuição de nutrientes das espécies supracitadas (*Joannesia princeps* e *Bixa arborea*), em tratamentos com diferentes riquezas e em duas épocas (período de maior precipitação e período de menor precipitação).

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização do local

O estudo foi realizado na Reserva Natural da Vale (RNV), localizada no município de Linhares, região Norte do estado do Espírito Santo, entre as coordenadas 19°06'-19°18'S e 39°45' - 40°19' W (Figura 1). No período entre março de 2013 e janeiro de 2014.

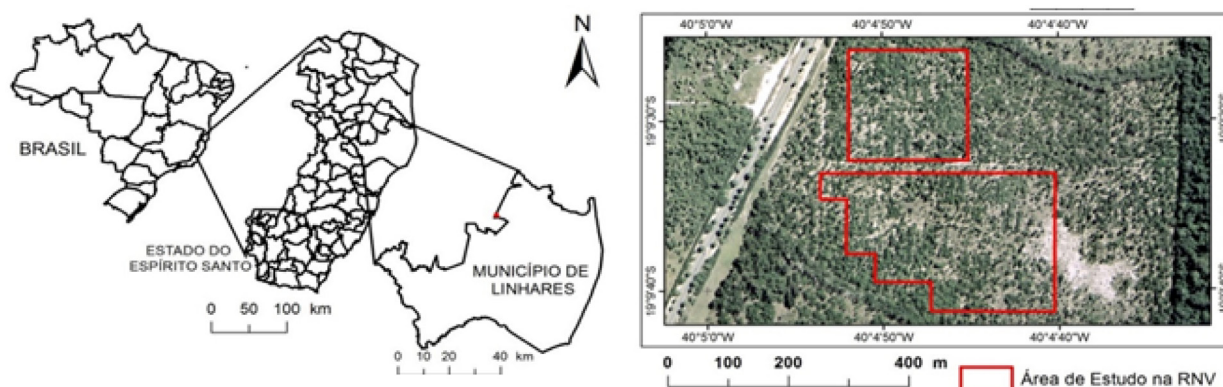


Figura 1. Localização do experimento na Reserva Natural Vale, em Linhares, ES.

Figure 1. Location of the experiment in Reserva Natural da Vale in Linhares, ES.

A vegetação nativa da RNV é classificada como Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas (IBGE, 2012), comumente chamada de Floresta de Tabuleiros. O nome tabuleiro refere-se à topografia, dado que se trata de uma faixa quase plana ou suavemente ondulada, elevando-se entre 20 e 200 metros acima do nível do mar (PAULA; SOARES, 2011). Em relação, especificamente, ao local do projeto de restauração, ele foi alocado em uma área plana, não havendo consideráveis variações topográficas entre as unidades amostrais.

Solo e Clima

Os solos são classificados como Argissolo Amarelo Distrocoeso com horizonte A moderado, presença de B textural, bem drenados com textura variando de arenosa a média no horizonte A e média a argilosa no horizonte B (EMBRAPA, 2013), os atributos químicos do solo nas profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm podem ser observados na tabela 1.

Segundo a classificação de Köppen, a região possui um clima quente e úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno, que corresponde ao tipo Aw (ALVARES et al., 2013). A precipitação pluviométrica média anual é de 1202 mm e a temperatura média anual do ar de 23,3 °C (Figuras 2) (SPERANDIO, 2013).

Áreas de estudo

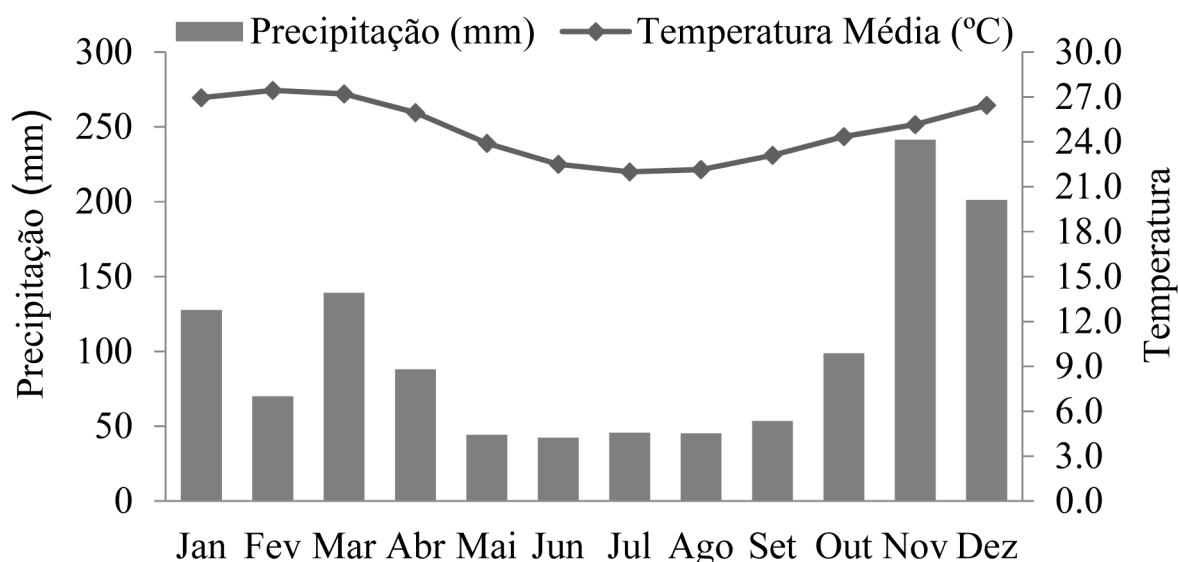
Até a década de 1980, a área do experimento de restauração era ocupada por povoamento de *Eucalyptus* sp. Após o seu corte a área permaneceu em pousio por vinte e cinco anos. Em dezembro de 2004 iniciou-se o projeto de restauração, com a roçada e capina química da gramínea forrageira. No mesmo ano, foi realizado o preparo do solo via coveamento manual (0,30 m x 0,30 m x 0,30 m), com fertilização em cova de 200 g de superfosfato simples. Iniciou-se o plantio das mudas em janeiro de 2005. No final do mesmo ano foi feito o replantio das mudas não sobreviventes. Foram realizadas periódicas manutenções (capina química e controle de formigas), até o quinto ano do projeto.

Tabela 1. Atributos químicos do solo nas profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm, em área de restauração florestal, na RNV, Linhares, ES.

Table 1. Chemical attributes of the soil at depths of 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm and 20-40 cm in forest restoration area in RNV, Linhares, ES.

Prof. (cm)	N g kg ⁻¹	P mg dm ⁻³	K mg dm ⁻³	pH H ₂ O	Al	Ca	Mg	H+Al cmol _c dm ⁻³	SB	t	T	V %	m	MO g kg ⁻¹	C _{org} g kg ⁻¹
Diversidade 1															
0-5	1,9	0,9	37,3	5,2	0,3	1,3	0,4	3,2	1,9	2,2	5,1	37,2	13,6	27,8	16,1
5-10	1,4	1,3	26,4	5,1	0,4	0,9	0,3	2,8	1,3	1,7	4,1	31,6	22,1	15,8	13,3
10-20	1,1	0,7	20,0	4,8	0,5	0,6	0,2	2,5	0,9	1,4	3,4	25,9	38,1	16,4	9,5
20-40	1,1	0,7	12,0	4,7	0,8	0,4	0,1	3,8	0,6	1,4	4,4	14,3	57,3	13,9	8,0
Diversidade 2															
0-5	1,7	1,4	28,3	5,1	0,3	1,1	0,4	3,4	1,5	1,9	4,9	32,2	17,7	25,3	14,7
5-10	1,6	1,4	24,3	5,1	0,5	0,9	0,3	2,9	1,3	1,8	4,3	31,2	25,9	23,0	13,3
10-20	1,3	1,1	15,7	4,8	0,6	0,5	0,2	2,9	0,8	1,4	3,6	20,2	46,5	17,6	10,2
20-40	0,1	0,8	12,7	4,8	0,7	0,5	0,2	3,4	0,7	1,4	4,2	17,2	49,7	12,5	7,2
Diversidade 3															
0-5	1,9	1,3	34,3	5,0	0,4	1,2	0,4	3,4	1,7	2,1	5,2	33,7	19,4	25,8	15,0
5-10	1,9	1,1	27,7	4,8	0,5	0,9	0,3	3,4	1,3	1,7	4,7	27,1	27,1	23,5	13,6
10-20	1,4	0,8	26,3	4,8	0,6	0,6	0,2	3,1	0,7	1,5	4,0	22,9	39,5	16,7	9,7
20-40	1,1	0,6	21,3	4,8	0,6	0,7	0,2	3,7	1,0	1,6	4,7	21,7	38,6	12,1	7,0

N (nitrogênio), P (fósforo), K (potássio), Al (alumínio), Ca (cálcio), Mg (magnésio), H+Al (acidez potencial), SB (soma de bases), t (capacidade de troca de cátions efetiva), T (capacidade de troca de cátions potencial), V (saturação de bases), m (saturação de alumínio), MO (matéria orgânica), C_{org} (carbono orgânico).



Fonte: INCAPER (2014) – Agrometeorologia

Figura 2. Média mensal histórica (1977 – 2012) de temperatura do ar e precipitação da região do estudo, coletada pela estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada em Linhares, ES (-19°21'24,9"S e -40°4'7,2" O, altitude 38 m).

Figure 2. Historical monthly means (1977 – 2012) air temperature and precipitation of the studied region, collected by the meteorological station of the Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) located in Linhares, ES (-19 ° 21'24,9 "S and -40 ° 4" 7.2 "W, altitude 38 m).

Foram estabelecidos três plantios (D1, D2 e D3) com três repetições no ano de 2013, totalizando nove parcelas de 50 x 50 m cada, em uma área de 2,25 ha. O espaçamento utilizado foi 2 x 2 m (2500 plantas por ha). Os tratamentos foram constituídos por três níveis de riquezas, onde foram utilizadas 29, 58 e 114 espécies diferentes, para os tratamentos T1, T2 e T3, respectivamente. Estas espécies foram sortidas a partir de uma listagem de 170 espécies florestais nativas da Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, distribuídas em 41 famílias. Em cada tratamento as espécies usadas tiveram igual proporção entre os grupos ecofisiológicos (pioneiras, secundárias iniciais, secundárias tardias e clímax) (MOREIRA, 2014).

Coleta e processamento do material vegetal

Para o estudo da ciclagem bioquímica foram escolhidos aleatoriamente em cada tratamento cinco indivíduos de cada espécie a ser estudada (*Bixa arborea* Huber. e *Joannesia princeps* Vell.). Sob a copa de cada indivíduo escolhido, foram instalados dois coletores compostos por uma estrutura de cano PVC, revestida por tela em malhas de nylon de 1 mm, nas dimensões de 1,0 x 1,0 m (1,0 m²) e 0,30 m de altura do solo, onde foram depositadas as folhas senescentes das espécies selecionadas.

Os coletores foram instalados na área em setembro de 2013 e a coleta ocorreu em duas ocasiões: a primeira em outubro de 2013, trinta dias após a instalação (início da estação chuvosa) e a segunda em janeiro de 2014 (meio da estação chuvosa). Os coletores foram esvaziados no mês que antecedeu a segunda coleta. O material interceptado nos coletores foi recolhido após trinta dias de deposição. Na mesma ocasião, também foram coletadas as folhas da copa (folhas maduras), na parte intermediária da copa das árvores, nos quatro pontos ortogonais (CALDEIRA et al., 1999).

As amostras de folhas maduras, bem como, das folhas senescentes, foram colocadas em sacos de papel pardo para secar em estufa de circulação e renovação de ar a 65 °C, até atingir massa constante. O material foi triturado em moinho do tipo Wiley, passado em peneira de malha 1,0 mm (20 mesh) e armazenado em frasco de vidro para posterior análise química de macro e micronutrientes, segundo metodologia proposta por Miyazawa et al. (1999) e Tedesco et al. (1995)

A redistribuição dos macro e micronutrientes foi estimada pela fórmula proposta por Negi e Sharma (1996) e adaptada por Chuyong et al. (2000), a qual leva em consideração a redistribuição do Ca como referência, por este ser um nutriente de baixa mobilidade na planta:

$$\text{Red. (\%)} = 100 \times \left[1 - \left(\frac{X}{Y} \right) \right]$$

Em que: Red.(%) = Redistribuição dos nutrientes (%).

$$X = \frac{\text{teor do nutriente em folhas senescentes (g kg}^{-1} \text{ ou mg kg}^{-1}\text{)}}{\text{teor de Ca em folhas senescentes (g kg}^{-1}\text{)}}$$

$$Y = \frac{\text{teor do nutriente em folhas maduras (g kg}^{-1} \text{ ou mg kg}^{-1}\text{)}}{\text{teor de Ca em folhas maduras (g kg}^{-1}\text{)}}$$

Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, em um esquema fatorial duplo do tipo 3 x 2, com três níveis de riqueza (variando a quantidade de espécies) e dois estádios fisiológicos foliares (folhas maduras e folhas senescentes), com 5 repetições, para o teor dos nutrientes, sendo a análise realizada em dois períodos, o primeiro em outubro de 2013 (estação com menor precipitação) e o segundo em janeiro de 2014 (estação com maior precipitação).

Os dados dos teores dos nutrientes nas folhas senescentes e maduras foram submetidos ao teste de normalidade de resíduos de Shapiro-Wilk e ao teste de homogeneidade de variâncias de Cochran. Quando os dados da análise química das folhas não apresentaram distribuição normal e/ou heterogeneidade de variância, os mesmos foram transformados de diferentes maneiras, via função logarítmica, raiz quadrada dos dados, raiz quadrada inversa dos dados, ou, exponencial quadrada. Posteriormente, procedeu-se com a análise de variância e, quando significativo, foi realizado o teste de Tukey (0,05%), para comparação entre as médias dos tratamentos.

Para verificar a interação entre o período de coleta das folhas maduras e senescentes, foi realizada a análise conjunta das variâncias das variâncias dos dois experimentos anteriores. Quando a interação foi significativa entre a estação e o estágio fenológico, foi realizado o teste de Tukey (0,05%), para comparação entre as médias dos nutrientes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Teores de nutrientes nas folhas de *Joannesia princeps* e *Bixa arborea*

Para nenhum dos nutrientes avaliados houve interação ($p < 0,05$) entre os tratamentos e entre os estádios fenológicos das folhas das duas espécies estudadas. Desta forma cada fator foi analisado separadamente por meio do teste de Tukey (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2. Teores médios de nutrientes em folhas maduras e senescentes de *Joannesia princeps* e *Bixa arborea* nos três tratamentos estudados (D1, D2 e D3) na RNV, Linhares, ES.

Table 2. Mean nutrient levels in *Joannesia princeps* and *Bixa arborea* leaves in the three treatments studied (D1, D2 and D3) in the RNV, Linhares, ES.

Espécie	T	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹			
		N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu
Período de menor temperatura e precipitação (Out/2013)											
<i>J. princeps</i>	D1	21,00a ³	1,63a	11,74a	10,68a	4,48a	1,12a	24,07a	81,40a	125,20a	23,02a
	D2	20,75a	1,45a	11,69a	8,88a	3,72a	1,09a	20,07a	61,35a	126,50a	25,20a
	D3	20,93a	1,29a	11,98a	9,69a	4,16a	1,10a	23,09a	133,30a	117,60a	23,29a
² CV(%)		26,55	42,48	27,99	45,95	16,09	29,57	29,17	46,05	9,06	26,34
<i>B. arborea</i>	D1	13,79a	0,43a	6,37a	3,49a	1,98ab	1,72b	13,93a	66,60a	175,30a	10,93b
	D2	13,96a	0,44a	6,57a	3,58a	1,93b	1,86ab	15,27a	66,00a	210,20a	14,68ab
	D3	12,95a	0,40a	5,74a	3,88a	2,44a	1,94a	17,13a	69,25a	179,20a	16,54a
CV(%)		12,45	22,53	21,98	16,73	20,32	9,18	24,75	16,28	28,53	31,27
Período de maior temperatura e precipitação (Jan/2014)											
<i>J. princeps</i>	D1	14,31a	0,81a	6,83a	11,59a	3,53a	0,97ab	16,00b	63,25a	98,95a	8,89ab
	D2	16,66a	0,98a	7,36a	10,38a	4,06a	1,08a	21,68a	74,55a	110,70a	9,90a
	D3	17,11a	0,83a	6,14a	9,40a	3,24a	0,86b	17,55b	55,75a	81,35a	7,62b
CV(%)		17,86	24,37	30,84	31,89	20,54	18,81	16,69	25,39	30,02	21,24
<i>B. arborea</i>	D1	15,01a	0,62a	5,21a	3,67a	2,15a	1,75a	16,11a	63,40a	157,00a	4,99a
	D2	15,08a	0,53a	4,65a	3,67a	2,03a	1,75a	17,80a	53,25a	167,50a	4,65a
	D3	14,14a	0,45a	3,65a	3,13a	1,84a	1,81a	15,18a	63,10a	130,90a	4,04a
CV(%)		10,88	36,65	22,54	23,72	28,49	24,17	24,28	41,27	29,26	30,73

⁽¹⁾Níveis de Diversidade – (D1) 29 espécies; (D2) 58 espécies; (D3) 114 espécies; ⁽²⁾Coefficiente de variação. ⁽³⁾ Médias seguidas por uma mesma letra, na coluna, para cada espécie e época, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 3. Teores médios de nutrientes em folhas de *Joannesia princeps* e *Bixa arborea* em área de restauração florestal, na RNV, Linhares, ES.

Table 3. Mean of nutrient levels in leaves of *Joannesia princeps* and *Bixa arborea* in forest restoration area in the RNV, Linhares, ES.

Especie	Folhas	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹			
		N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu
Período de menor temperatura e precipitação (Out/2013)											
<i>J. princeps</i>	¹ FS	16,10b ⁽⁴⁾	0,93b	6,51b	10,74a	3,56b	0,97b	18,57b	128,60b	143,37a	20,80b
	² FM	25,69a	1,98a	17,10a	8,76a	4,68a	1,25a	26,25a	55,43a	102,8b	26,87a
³ CV(%)		26,55	42,8	27,99	45,95	16,09	29,57	29,17	46,05	9,06	26,34
<i>B. arborea</i>	FS	9,99b	0,12b	3,70 b	3,67a	1,82b	1,66b	13,94b	68,03a	177,47a	13,78a
	FM	17,15a	0,73a	8,71a	3,63a	2,41a	2,03a	16,95a	66,53a	199,00a	14,32a
CV(%)		12,45	22,3	21,98	16,73	20,32	9,18	24,75	16,28	28,53	31,27
Período de maior temperatura e precipitação (Jan/2014)											
<i>J. princeps</i>	FS	13,40b	0,60b	4,24b	10,84a	3,54a	0,90b	18,82a	70,27a	103,83a	8,73a
	FM	18,64a	1,16a	9,31a	10,07a	3,69a	1,05a	18,00a	58,77a	90,17a	8,87a
CV(%)		17,86	24,7	30,84	31,89	20,54	18,81	16,69	25,39	30,02	21,24
<i>B. arborea</i>	FS	10,20b	0,26b	1,98b	4,87a	2,02a	1,70a	19,11a	87,83a	203,67a	4,41a
	FM	19,30a	0,81a	7,02a	2,11b	1,99a	1,84a	13,62b	32,00b	99,93b	4,71a
CV(%)		17,86	24,7	30,84	31,89	20,54	18,81	16,69	25,39	30,02	21,24

⁽¹⁾ FS – folhas senescentes; ⁽²⁾ FM – folhas maduras. ⁽³⁾Coefficiente de variação. ⁽⁴⁾Médias seguidas por uma mesma letra, na coluna, para cada espécie e época, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Em relação aos tratamentos, em ambas as épocas avaliadas não se verificaram diferenças para a maioria dos nutrientes (N, P, K, Ca, Fe e Mn) (Tabela 2), evidenciando que as diferentes riquezas de espécies não influenciaram no teor médio destes nutrientes nem em folhas senescentes nem em

maduras. Para a *Joannesia princeps* os nutrientes S, Zn e Cu foram diferentes entre os tratamentos no período de maior temperatura e precipitação. Para *Bixa arborea*, as diferenças foram observadas para Mg, S e o Cu no período de menor temperatura e precipitação.

No período de maior temperatura e precipitação, os teores dos nutrientes de *Joannesia princeps* que tiveram diferença entre os tratamentos tenderam a ter maiores valores no D2. Porém, no período de menor temperatura e precipitação, os teores dos nutrientes para a *Bixa arborea* tenderam a ter maiores valores no tratamento D3. Como em ambas as espécies se encontram os mesmos níveis dos fatores estudados, uma provável explicação para essa variação pode estar relacionada a característica de transporte de nutrientes de cada espécie e a eficácia em competir por nutrientes com o restante da vegetação.

Quanto ao estágio fenológico das folhas das duas espécies (senescentes e maduras), apenas N, P e K tiveram comportamento semelhante para ambas as espécies em ambos os períodos (Tabela 2). Para os demais nutrientes o período de menor precipitação, quando existiu diferença, os maiores teores foram observados para as folhas maduras, com exceção do Mn em *Joannesia Princeps*. O efeito oposto foi observado no período de maior temperatura e precipitação. Quando existiu diferença, os maiores teores foram para folhas senescentes, com exceção do S para *J. princeps*.

A redução no teor de alguns nutrientes (N, P, K, Mg, S e Cu) nas folhas senescentes em relação às folhas maduras, confirma a ocorrência de redistribuição destes nutrientes das folhas fisiologicamente mais velhas para as mais novas. Diversos trabalhos em florestas nativas documentaram o mesmo comportamento (CAI; BONGERS, 2007; CARDENAS; CAMPO, 2007; RENTERIA et al., 2005; SILVA, 2009). Referente aos teores de Ca, Fe e Mn, verificou-se aumento nas folhas senescentes. Este fato está relacionado à baixa mobilidade destes nutrientes no interior dos tecidos vegetais (ATTIWILL et al., 1978; VITTI et al., 2006).

Resultados semelhantes, em relação aos nutrientes supracitados (N, P, K, S e Cu), foram encontrados nos trabalhos de Mendes et al. (2012) e Viera e Schumacher (2009). Ambos avaliaram teor e redistribuição de nutrientes nos diferentes estádios foliares vegetais. O primeiro estudo, em folha de *Hevea brasiliensis* L., em Nepomuceno, MG; e, o segundo, em *Pinus taeda* L., no município de Cambará do Sul, RS. Magalhães e Blum (1999), também encontraram maiores valores em folhas senescentes, ao avaliar o teor e redistribuição de nutrientes nos diferentes estádios foliares de espécies florestais na Amazônia Ocidental.

A ausência de diferença entre os estádios fenológicos para os teores de Zn, Fe, Mn e Cu em *Joannesia princeps*, durante o período de maior temperatura e precipitação, pode indicar que há pequena redistribuição de micronutrientes. Esta espécie durante o período de elevada produtividade primária, extrai o necessário do solo.

O N foi o macronutriente mais abundante tanto nas folhas senescente quanto nas folhas maduras para as duas espécies estudadas e nas duas épocas. Os valores nas folhas maduras enquadram-se na faixa nutricional considerada adequada para o desenvolvimento de espécies florestais (12,0–50,0 g kg⁻¹) (CANTARUTTI et al., 2007; MALAVOLTA et al., 1997; PREZOTTI et al., 2007).

O P, em contrapartida, foi o macronutriente com menores teores em folhas senescentes para as duas espécies, nos dois períodos estudados, estando inclusive abaixo da faixa considerada adequada para o desenvolvimento das plantas, que é entre 2 e 5 g kg⁻¹ (FURLANI, 2004). O baixo teor de P é justificado pelo fato de ser um elemento pouco móvel nos solos tropicais (NOVAIS et al., 2007) e disponível em pequena quantidade, devido à baixa fertilidade dos mesmos. Assim, as espécies estudadas necessitam de mecanismos eficientes na utilização deste elemento para suprir as suas demandas fisiológicas.

Os teores de K e o Mg também podem ser considerados inferiores aos adequados às plantas (FURLANI, 2004) em folhas maduras das duas espécies e nas duas épocas. Tal fato pode estar relacionado à baixa fertilidade do solo sob as espécies estudadas, onde observou-se elevada acidez e baixa CTC (Tabela 1). Solos com estas características tendem o favorecimento da lixiviação das bases e a não disponibilizar nutrientes, ocasionando assim uma menor absorção destes nutrientes pelas espécies estudadas (SOUZA et al., 2007).

O comportamento do K para ambas as espécies está relacionado à sua mobilidade na planta, pois este nutriente permanece na forma iônica no interior do vegetal, sendo facilmente translocado e também a perda é grande após a queda da folha (MALAVOLTA, 1980). O Mg tem comportamento

semelhante para ambas as espécies nas duas épocas estudadas, entretanto, ao contrário do K que tem teores menores nas folhas senescentes em ambos os períodos, o Mg não tem diferença no período de maior temperatura e precipitação.

Os teores de Ca nas folhas maduras de *Joannesia princeps*, nas duas épocas, foram bem próximos aos níveis críticos necessários ao desenvolvimento vegetal de espécies agrícolas (MALAVOLTA, 2006) e nas folhas maduras de *Bixa arborea*, os teores foram inferiores. Com isso, nota-se que as espécies avaliadas possuem capacidade de absorção de Ca bastantes distintas uma da outra. Como o Ca está associado à lignificação das paredes celulares, este nutriente não é redistribuído para as partes novas da planta, tendendo acumular nos tecidos mais velhos.

Dentre os micronutrientes (Zn, Fe, Mn e Cu), nenhum teve teores nas folhas maduras de *Joannesia princeps* e de *Bixa arborea* inferiores aos níveis críticos estabelecidos para o desenvolvimento das plantas (MALAVOLTA, 2006). Por outro lado, os teores de Fe e Mn foram altos se comparados com os demais micronutrientes analisados, o que possivelmente se deve às suas grandes quantidades no solo. Em condições de solos ácidos a solubilidade de compostos contendo Fe e Mn aumenta, o que favorece a disponibilidade destes no solo, bem como a absorção pelas plantas (MALAVOLTA, 1997), que não é seletiva.

Tabela 4. Interações entre o período de coleta e o estágio fenológico dos teores médios de nutrientes em folhas de *Joannesia princeps* e *Bixa arborea* em área de restauração florestal, na RNV, Linhares, ES.

Table 4. Interactions between collection period and phenological stage of the means of nutrient levels in leaves of *Joannesia princeps* and *Bixa arborea* in forest restoration area in the RNV, Linhares, ES.

Joannesia princeps									
¹ Época	K		Mg		Zn		Cu		
	² FS	³ FM	FS	FM	FS	FM	FS	FM	
E1	6,51aB	17,10aA	3,56aB	4,68bA	18,57aB	26,25aA	20,81aB	26,87bA	
E2	4,24 bA	3,02 bB	3,54aB	10,07aA	18,83aA	18,00bA	8,73bA	8,87aA	
Bixa arborea									
	Ca		Fe		Mn				
	FS	FM	FS	FM	FS	FM			
E1	3,67aA	3,63aA	68,03aA	79,87aA	177,47aA	199,00aA			
E2	4,33aA	2,65bB	76,50aA	43,33bB	179,93aA	123,67bB			

⁽¹⁾Época – (E1) período de menor temperatura e precipitação (Out/2013); (E2) período de maior temperatura e precipitação (Jan/2014). ⁽²⁾ FS – folhas senescentes; ⁽³⁾ FM – folhas maduras. Letras minúsculas iguais nas colunas e letras maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si.

Por meio da análise conjunta, foi observado que para os nutrientes K, Mg, Zn e Cu em *Joannesia princeps* e Ca, Fe, e Mn para *Bixa arborea* a fase fisiológica das folhas (madura ou senescente) e a época (período de maior precipitação e maior temperatura, e período de menor precipitação e menor temperatura) influenciaram conjuntamente para o teor desses nutrientes nas folhas. Para esses nutrientes, exceto o Mg, foi observado que nas folhas maduras o teor foi maior na estação com menor temperatura e precipitação. Este fato pode estar associado a uma possível lixiviação, desses nutrientes, devido a maior precipitação. (SCHUUR; MATSON, 2001; STARK; JORDAN, 1978)

Em termos gerais, para as duas espécies, os macronutrientes se comportaram de forma coerente, onde a maior mobilidade na planta, associada a maiores precipitações propiciaram maior lixiviação e conseqüente menores tores para o K. O período de maior precipitação também está associado à maior radiação solar, e conseqüente maior atividade foliar e produtividade primária, expresso nos maiores tores de Mg que é presente a molécula da clorofila, e o Ca que faz parte da parede celular (MENDES et al. 2012; TAIZ; ZEIGER, 2002)

Redistribuição de nutrientes nas folhas de *Joannesia princeps* e *Bixa arborea*

A redução do teor de determinado nutriente nas folhas fisiologicamente mais velhas (folhas senescentes) em detrimento do aumento naquelas mais jovens (folhas maduras) é um indicativo da ocorrência de sua redistribuição (SILVA, 2009; VIERA; SCHUMACHER, 2009). Neste sentido, N, P, K, Mg, S, Zn e Cu foram os nutrientes que redistribuíram para outros tecidos, em pelo menos uma das espécies e em uma das épocas (Tabela 5).

N, P e K foram os nutrientes com maior redistribuição em indivíduos de *Joannesia princeps* e *Bixa arborea* nas duas épocas. Dentre estes, destaca-se o P com os menores teores nas folhas, mas por outro lado, os mais elevados valores de redistribuição, o que sugere que este seja o nutriente de maior

eficiência na sua ciclagem interna. Em contrapartida, o N tem uma menor eficiência, uma vez que apesar dos elevados teores no tecido vegetal, sua redistribuição não foi tão expressiva quanto à do P.

Tabela 5. Redistribuição de nutrientes em folhas de *Joannesia princeps* e *Bixa arborea* em área de restauração florestal, na RNV, Linhares, ES.

Table 5. Redistribution of nutrients in leaves of *Joannesia princeps* and *Bixa arborea* in forest restoration area in the RNV, Linhares, ES.

Época	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu
%										
<i>Joannesia princeps</i>										
E1	48,88	61,69	68,95	0,00	37,96	36,71	42,30	-89,23	-13,72	36,83
E2	33,12	51,95	57,69	0,00	-10,88	20,37	-2,87	-11,07	-6,97	-8,57
<i>Bixa arborea</i>										
E1	42,38	83,74	57,42	0,00	25,30	19,12	18,65	-1,14	-11,79	-4,82
E2	77,10	86,09	87,78	0,00	-56,05	-59,97	-39,21	-18,92	-11,70	-59,43

⁽¹⁾Época – (E1) período de menor temperatura e precipitação (Out/2013); (E2) período de maior temperatura e precipitação (Jan/2014). *Valores negativos se referem a não ocorrência de redistribuição.

Em contrapartida, a redistribuição não pode ser considerada o único fator de transferência do K dos tecidos mais velhos para os mais novos. Boa parte do K do tecido foliar é transferido diretamente para o solo por meio de lixiviação, uma vez que este nutriente não faz parte de compostos orgânicos e permanece como íon no interior da planta (BRINSON et al., 1980; STARR et al., 2014).

A redistribuição de Mg, S, Zn e Cu não tiveram um padrão bem definido em ambas as espécies, ocorrendo em apenas uma das épocas ou em somente uma das espécies analisadas. Para a *Bixa arborea* a redistribuição ocorreu predominantemente no período de maior temperatura e precipitação. O Mg e o S, em relação aos outros macronutrientes, redistribuíram menos, tanto para a *Joannesia princeps* quanto para a *Bixa arborea*. Possivelmente este fato se deve à questão da mobilidade destes nutrientes no floema nas espécies estudadas.

Segundo Malavolta (2006), o Mg é móvel, por sua vez, Larcher (2000), classifica a mobilidade do Mg como restrita. Esta contradição entre trabalhos a cerca da mobilidade do Mg ocorre porque ela varia entre espécies (MALAVOLTA, 2006). Em relação ao S, estudos mostram que quando ligado a substâncias orgânicas, este elemento possui facilidade de transporte, porém, quando disposto na forma iônica apresenta mobilidade restrita (LARCHER, 2000; SILVA et al., 1998).

Outra possibilidade para a baixa redistribuição do Mg e possivelmente para o S, pode estar ligado a capacidade destas espécies de suprirem suas necessidades somente com as reservas oriundas do solo, pois a redistribuição desses nutrientes é maior no período de menor precipitação, pois a menor disponibilidade de água dificulta a sua principal via de absorção, que segundo Vitti et al. (2006) é por fluxo de massa.

O Zn e Cu foram os únicos micronutrientes redistribuídos, sendo que o Cu redistribuiu apenas nas folhas de árvores de *Joannesia princeps*. Em comparação com os macronutrientes, tiveram valores de redistribuição inferiores a N, P e K (nutrientes mais redistribuídos), e próximos aos valores de Mg e S. Para Malavolta (1980) o Zn e o Cu são elementos de baixa redistribuição interna, muitas das vezes nem realocam na planta, ficando acumulados em folhas mais velhas. Segundo Silva et al. (1998) isto está relacionado principalmente ao fato de que os nutrientes que fazem parte de compostos orgânicos são mais facilmente redistribuídos, e que íons alcalinos terrosos, como o Mg, são menos redistribuídos.

Verificou-se nos valores de redistribuição dos nutrientes da *Joannesia princeps* uma tendência de serem mais elevados no período de menor temperatura e precipitação. Já nos valores de redistribuição de *Bixa arborea*, uma tendência de serem mais elevados no período de maior temperatura e precipitação. Isto pode ter ocorrido, sobretudo, devido às variações fisiológicas entre as estações climáticas a que estão propensas as plantas (TAIZ; ZEIGER, 2004), mas também pode estar relacionado diretamente ao teor de nutrientes em folhas maduras (CHAPIN, 1980).

Em estudo realizado no norte da China, Yuan et al. (2005) constatou que quanto maior o teor de nutrientes no tecido vegetal maduro, maior a redistribuição de nutrientes. No presente estudo, observou-se para a *Joannesia princeps* a tendência de os teores dos nutrientes nas folhas maduras (considerando apenas os que redistribuíram nas duas épocas) serem superiores no período de me-

nor temperatura e precipitação; e para *Bixa arborea*, no período de maior temperatura e precipitação (exceto o K). Este resultado corrobora com a tendência verificada para a redistribuição de nutrientes.

A redistribuição dos nutrientes também pode estar relacionada à fertilidade dos solos, sendo que naqueles de baixa fertilidade os nutrientes precisam ser utilizados de forma mais eficiente, o que exige uma redistribuição mais acentuada (AERTS, 1996; CALDEIRA et al., 1999). Tendo em mente esta premissa, os valores relativamente altos de redistribuição verificados no presente estudo, para as duas espécies, podem estar relacionados à baixa fertilidade do solo sob o ecossistema em restauração.

É possível notar que dentro de um mesmo ecossistema, espécies distintas, podem ter diferenças na capacidade de redistribuição de nutrientes, o que evidencia as peculiaridades inerentes a cada uma delas, no que se refere à eficiência nutricional (CORRÊA et al., 2006; PROTIL; MARQUES, 2009; RODRIGUES et al., 2000). Neste sentido, comparando as redistribuições de nutrientes das espécies do presente estudo, em relação às das demais formações florestais estudadas (ALMEIDA et al., 2014; BAMBI et al., 2011; CALDEIRA et al., 1999; CORRÊA et al., 2006; MENEZES JUNIOR et al., 2008; PROTIL; MARQUES, 2009; RODRIGUES et al., 2000; VIERA; SCHUMACHER, 2009; ZAIA; GAMA-RODRIGUES, 2004) pode-se verificar que *Bixa arborea* e *Joannesia princeps* resultaram nos valores mais elevados, principalmente quanto ao N, P e K.

Dessa forma, é válido ressaltar que as espécies estudadas (*Bixa arborea* e *Joannesia princeps*), quando comparadas à outras espécies florestais, têm um eficiente “reaproveitamento” de nutrientes. Isto se torna mais evidente, principalmente, ao se considerar o rápido crescimento e a elevada produção de biomassa das mesmas (conforme constatação na ocasião da coleta de dados), tendo em vista, ainda, a baixa fertilidade do solo do local.

CONCLUSÕES

Para as duas espécies, em ambas as épocas estudadas, a diversidade de espécies, em geral, não influenciou nos teores da maior parte dos nutrientes do tecido foliar.

A redistribuição de nutrientes variou entre as espécies florestais. Em *Joannesia princeps*, os valores tenderam a ser mais elevados no período de menor precipitação e temperatura, já para *Bixa arborea* os valores tenderam a ser maiores no período de maior precipitação e temperatura. Os nutrientes que obtiveram maior redistribuição, em ambas as espécies, foram o N, K e P.

Em geral, foi observado que as espécies estudadas têm um eficiente padrão de redistribuição de nutrientes quando comparadas a outras espécies, evidenciando que possuem potencial para a utilização em restauração florestal de ecossistemas de Mata Atlântica de Tabuleiros, ainda mais ao se considerar o rápido crescimento e a produção de biomassa das mesmas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AERTS, R. Nutrient resorption from senescing leaves of perennials: are there general patterns? *Journal of Ecology*, Oxford, v. 84, n. 4, p. 597-608, 1996.

AERTS, R.; CHAPIN, F. S. The mineral nutrition of wild plants revisited: re-evaluation of processes and patterns. *Advances in Ecological Research*, v. 30, n. 1, p. 1-67, 2000.

ALMEIDA, C. X.; PITA JUNIOR, J. L.; ROZANE, D. E.; SOUZA, H. A.; HERNANDES, A.; NATALE, W.; FERRAUDO, A. S. Nutrient cycling in mango trees. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 35, n.1, p. 259-266, 2014.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ATTIWILL, P.M.; GUTHRIE, H.B.; LEUNING, R. Nutrient cycling in a *Eucalyptus oblique* (L'Herit) forest. I. Litter production and nutrient return. *Australian Journal of Botany*, Queensland, v. 26, n. 1, p.79-91, 1978.

BAMBI, P.; LOBO, F. de. A.; DALMOLIN, A. C.; DIAS, C. A. A. Decomposição e redistribuição de nutrientes das folhas de espécies da floresta de transição Amazônia – Cerrado, MT. *Ciência e Natura*, Santa Maria, v. 33, n. 1, p. 17-31, 2011.

- BREEMEN, N. V. Nutrient cycling strategies. **Plant and soil**, Dordrecht, v. 169, n. 1, p. 321-326, 1995.
- BRINSON, M. M.; BRADSHAW, H.D.; HOLMES, R. N.; ELKINS JÚNIOR, J. B. Litterfall, stemflow, and throughfall nutrient fluxes in an alluvial swamp forest. **Ecology**, Washington, v. 61, n. 4, p. 827-835, 1980.
- CAI, Z.; BONGERS, F. Contrasting nitrogen and phosphorus resorption efficiencies in trees and lianas from a tropical montane rain forest in Xishuangbanna, south-west China. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 23, p. 115-118, 2007.
- CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; RODRIGUES, L. M. Teor e redistribuição de nutrientes nas folhas e nos galhos em um povoamento de *Acacia mearnsii* de Wild. (Acácia-negra). **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.45, p. 69-88, 2002.
- CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; PEREIRA, J. C.; DELLA-FLORA, J. B.; SANTOS, E. M. Concentração e redistribuição de nutrientes nas folhas e no folheto em um povoamento de *Acacia mearnsii* de Wild. no Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.9, n.1, p. 19-24, 1999.
- CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. E.; MARTINEZ, H. E. P.; NOVAIS, R. F. Avaliação da fertilização do solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. E.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 769-850.
- CARDENAS, I.; CAMPO, J. Foliar nitrogen and phosphorus resorption and decomposition in the nitrogen-fixing tree *Lysiloma microphyllum* in primary and secondary seasonally tropical dry forests in Mexico. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 23, n. 1, p. 107-113, 2007.
- CHAPIN, F. S. The mineral Nutrition of wild plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 11, p. 233-260, 1980.
- CHUYONG, G. B.; NEWBERY, D. M. SONGWE, N. C. Litter nutrients and retranslocation in a central African rain forest dominated by ectomycorrhizal trees. **New Phytologist**, Oxford, v. 148, n. 3, p. 493-510, 2000.
- CORRÊA, F. L. O.; RAMOS, J. D.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; MÜLLER, M. W.; MACEDO, R. G.; SOUZA, C. A. S.; ALVARENGA, M. I. N. Ciclagem de nutrientes em sistema agroflorestal com espécies frutíferas e florestais em Rondônia, Brasil, **Agrotropica**, Ilhéus, v. 18, p. 71-82, 2006.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA - **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. Brasília: Embrapa produção de Informação, 2013. 360 p.
- FURLANI, A. M. C. Nutrição Mineral. In: KERBAUY, G. B. **Fisiologia de Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. p. 40-75.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico da vegetação brasileira**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 271 p.
- INCAPER - INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. 2014. Disponível em: < <http://www.incaper.es.gov.br> >. Acesso em 18 jan. 2016.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.
- LALIBERTÉ, E.; GRACE, J. B.; HUSTON, M. A.; LAMBERS, H.; TESTR, F. P.; TURNER, B. L.; WARDLE, D. How does pedogenesis drive plant diversity? **Trends in Ecology and Evolution**, Amsterdam, v. 28, n. 6, p. 331-340, 2013.

- MAGALHÃES, L. M. S.; BLUM, W. E. H. Concentração e distribuição de nutrientes em folhas de espécies florestais, na Amazônia Ocidental. **Floresta e ambiente**, Seropédica, v. 6, n. 1, p. 127-137, 1999.
- MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres. 2006. 638 p.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres. 1980. 251 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.
- MENDES, A. D. R.; OLIVEIRA, L. E. M.; NASCIMENTO, M. N.; REIS, K. L.; BONOME, L. T. S. Concentração e redistribuição de nutrientes minerais nos diferentes estádios foliares de seringueira. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 42, n. 4, p. 525-532, 2012.
- MENEZES JUNIOR, J. C.; WLADIMIR SOBRINHO, N.; SOUTO, J. S.; NASCIMENTO, J. P.; OLIVEIRA, F. T.; XAVIER, K. R. F. Diagnose foliar e translocação de nutrientes em plantas de *Bixa arborea* L. **Revista Acadêmica, Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 6, n. 1, 51-56, 2008.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MURAOKA, T.; CARMO, C. A. F. S.; MELLO, W. J. Análises químicas de tecido vegetal. In: SILVA, F.C. (Ed). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Solos, p. 171-223, 1999.
- MOREIRA, F. L. **Ciclagem de nutrientes em área de restauração de floresta ombrófila densa das terras baixas**. 2014. 105 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2014.
- NEGI, J. D. S.; SHARMA, S. C. Mineral nutrition and resource conservation in *Eucalyptus* plantation and other forest covers in India. In: ATTWILL, P. M.; ADAMS, M. A. (Ed.). **Nutrition of Eucalyptus**. Austrália: CSIRO. 1996. p. 399-416.
- NOVAIS, R. F.; SMYTH, J. T.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 471-550.
- PAULA, A.; SOARES, J. J. Estrutura horizontal de um trecho de floresta ombrófila densa de terras baixas na reserva biológica de Sooretama, Linhares, ES. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 2, p. 321-334, 2011.
- PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. de. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo**. Vitória: SESA/INCAPER/CEDAGRO, 305 p., 2007.
- PROTIL, C. Z.; MARQUES, R.; PROTIL, R. M. Variação sazonal e redistribuição de bioelementos de quatro espécies arbóreas em três tipologias florestais da floresta atlântica do Paraná. **Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 3, p. 699-717, 2009.
- RENTERIA, L.Y.; JARAMILLO, V. J.; MARTINEZ-YRIZAR, A.; JIMENEZ, A. P. Nitrogen and phosphorus resorption in trees of a mexican tropical dry forest. **Trees**, Danvers, v. 19, n. 4, p. 431-441, 2005.
- RODRIGUES, M. R. L.; NEVES, C. S. V. J.; SILVA, A. C.; SANTOS, A. R.; PAIVA, A. V.; MELLO, S. L. M. Concentração e redistribuição de nutrientes em folhas de *Hevea brasiliensis* e *Pinus oocarpa*. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 21, n. 1, p. 61-66, 2000.
- SATTI, P.; MAZZARINO, M. J., GOBBI, M.; FUNES, F.; ROSELLI, L.; FERNANDEZ, H. Soil N dynamics in relation to leaf litter quality and soil fertility in north-western Patagonian forests. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 91, n. 2, p. 173-181, 2003.

- SAUR, E., NAMBIAR, E.K.S., FIFE, D.N. Foliar nutrient retranslocation in *Eucalyptus globulus*. *Tree Physiology*, Oxford, v. 20, p. 1105-1112, 2000.
- SILVA, A. P. **Ciclagem de nutrientes na mata atlântica de baixada na APA da bacia do rio São João, RJ: efeito do tamanho do fragmento**. 2009. 127 p. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2009.
- SILVA, A. C.; SANTOS, A. R. dos.; PAIVA, A. V. de. Translocação de nutrientes em folhas de *Hevea brasiliensis* (clone) e em acículas de *Pinus oocarpa*. *Revista da Universidade de Alfenas*, Alfenas, v. 4, p. 11-18, 1998.
- SOUZA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 206-268.
- SPERANDIO, H. V. **Tephrosia cândida D. C. e Mimosa velloziana Mart: biomassa, serapilheira e fertilidade do solo**. 2013. 61 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2013.
- STARK, N. M.; JORDAN, C. F. Nutrient retention by the root mat of an Amazonian rain Forest. *Ecology*, Washington, v. 59, n. 3, p. 434-437, 1978.
- STARR, M.; LINDROOS, A. J.; UKONMAANAHO, L. Weathering release rates of base cations from soils within a boreal forested catchment: variation and comparison to deposition, litterfall and leaching fluxes. *Environmental Earth Sciences*, v. 72, n. 12, p. 5101-5111, 2014.
- SCHUIUR, E. A.; MATSON, P. A. Net primary productivity and nutrient cycling across a mesic to wet precipitation gradient in Hawaiian montane forest. *Oecologia*, Berlin, v. 128, n. 3, p. 431-442, 2001.
- SWITZER, G. L.; NELSON, L. E. Nutrient accumulation and cycling in loblolly pine (*Pinus taeda* L.) Plantation Ecosystems: the first twenty years. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 36, n. 1, p. 143-147, 1972.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solos, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. (Boletim Técnico, 5).
- VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V. CONCENTRAÇÃO E RETRANSLOCAÇÃO DE NUTRIENTES EM ACÍCULAS DE *Pinus taeda* L. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 19, n. 4, p. 375-382, 2009.
- VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, Magnésio e Enxofre. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 300-325.
- VITOUSEK, P. M. **Nutrient Cycling and Limitation: Hawai'i as a Model System**. New Jersey: Princeton University Press, 2004. 223 p.
- YUAN, Z; LI, L; HAN, X., HUANG, J; JIANG, G; WAN, S. Soil characteristics and nitrogen resorption in *Stipa krylovii* native to northern China. *Plant and soil*, Dordrecht, v. 273, p. 257-268, 2005.
- ZAIA, F. C.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Ciclagem e balanço de nutrientes em Povoamentos de eucalipto na região Norte fluminense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, n. 5, p. 843-852, 2004.

Recebido em 25/04/2016

Aceito para publicação em 11/01/2017

