



Conteúdo de nutrientes minerais na biomassa acima do solo de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* plantado em diferentes sítios

Robson Schaff Corrêa^{1,*} , Antonio Francisco Jurado Bellote² 

¹Universidade Federal de Jataí, Jataí, GO, Brasil.

²Embrapa Florestas, Colombo, PR, Brasil.

*Autor correspondente: schaffcorrea@ufg.br

Recebido: 20/11/2018; Aceito: 07/05/2019

Resumo: A capacidade produtiva dos locais de plantio de *Pinus* é fator chave para a sustentabilidade florestal. O conteúdo de nutrientes pode se alterar entre os diferentes sítios, e o entendimento da alocação de nutrientes auxilia no estabelecimento de diferentes intervenções silviculturais. Neste trabalho, avaliaram-se quatro sítios com plantio de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* com relação ao seu conteúdo de nutrientes na biomassa acima do solo. Para isso, coletaram-se dados de produção de biomassa nos diferentes compartimentos aéreos (madeira, casca, galhos e acículas), e analisou-se a concentração de macro e micronutrientes nos compartimentos. As árvores encontravam-se com idades próximas a 11 anos e os sítios possuíam diferentes classes de solos. Em cada local, coletaram-se quatro árvores para avaliação da biomassa e concentração de nutrientes. As análises estatísticas seguiram o delineamento experimental inteiramente casualizado e teste de médias de Tukey. Constatou-se que o conteúdo de nutrientes em cada compartimento foi fortemente dependente da produção em biomassa do próprio compartimento, com menor influência da concentração de nutrientes. Logo, sítios mais produtivos continham maior conteúdo de nutrientes. Independentemente do sítio e do compartimento considerado, registrou-se maior conteúdo para os nutrientes N > K-Ca > Mg > P >> Mn- Fe > Zn > Cu.

Palavras-chave: nutrição florestal; silvicultura; pinheiro tropical; atributos do solo.

Mineral nutrients content in the aboveground biomass of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* at different forest sites

Abstract: The productive capacity of the *Pinus* planting sites is a key factor for forest sustainability. The nutrient content can change between the different sites and the understanding of the nutrient allocation helps in the establishment of different silvicultural interventions. In this work, four sites with *Pinus caribaea* var. *hondurensis* were evaluated in relation to their nutrient content in above-ground biomass. For this, biomass production data were collected in the different aerial compartments (wood, bark, branches and needles) and the concentration of macro and micronutrients in the compartments was analyzed. The trees were close to 11 years old and the sites had different soil classes. Four trees were collected at each site to evaluate biomass and nutrient concentration. Statistical analyses followed a completely randomized experimental design and Tukey's mean test. It was found that the nutrient content in each compartment was strongly dependent on the biomass production in the compartment itself, with lower influence of the nutrient concentration. Therefore, more productive sites contained greater nutrient content. Regardless of the site and compartment considered, higher content was observed for nutrients N > K-Ca > Mg > P >> Mn-Fe > Zn > Cu.

Keywords: forest nutrition; silviculture; Caribbean pine; soil attributes.

1. INTRODUÇÃO

Quando se objetivam maiores produções e qualidade da madeira produzida, é importante saber como e de que forma as plantas se desenvolvem e acumulam biomassa. Esses conhecimentos possibilitam estimar as reais necessidades nutricionais das plantas, as quantidades extraídas e acumuladas no lenho durante o ciclo e a exportação de nutrientes pela colheita e, conseqüentemente, orientar práticas silviculturais e de nutrição que mantenham a produtividade do sítio (BEVEGE, 1981; MAIA et al., 1998).

O estado nutricional e a produtividade das espécies demonstram estreita interdependência com os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, de modo que a caracterização dos solos florestais se torna importante para a manutenção da produtividade. Tal caracterização também considera que maciços florestais são, via de regra, estabelecidos sob condições de solos marginais e de baixa fertilidade natural, tornando-se claro o grande acúmulo da serapilheira sobre o solo como sinal claro de decomposição lenta, que reduz a liberação de nutrientes às plantas (MORO et al., 2008).

A implantação e a condução de maciços florestais com *P. caribaea* sem a correção das limitações nutricionais do solo podem causar desde sintomas de deficiências visuais até a morte de plantas. A resistência das acículas à decomposição dificulta a ciclagem dos nutrientes e pode aumentar o problema nutricional, indicando que a devida correção das deficiências do solo e o adequado manejo silvicultural devem ser estratégias na condução dessas florestas (CHAVES; CORRÊA, 2005).

O conhecimento dos valores de produção e da concentração de nutrientes permite avaliar o acúmulo de nutrientes na biomassa arbórea e a exportação de nutrientes pela colheita. Desse modo, pode-se antever a necessidade de reposição desses nutrientes para a sustentabilidade ou o aumento da produção via aplicação de fertilizantes. As espécies florestais apresentam diferentes exigências nutricionais, estratégias de ciclagem próprias e um ritmo de ciclagem que varia em função da região e das espécies (COLE, 1986). Esses processos são importantes para a adaptação de espécies a sítios de baixa fertilidade e contribuem para a manutenção da produtividade dessas áreas (LIMA, 1987). No caso de florestas plantadas com pinheiros tropicais, esses processos são vitais para a produção contínua e equilibrada, pois essas espécies são objeto de um número reduzido de pesquisas, destacando-se no país os trabalhos de Chaves e Corrêa (2003; 2005).

Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar o acúmulo e a distribuição dos nutrientes minerais nos compartimentos madeira, casca, galhos e acículas em árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Estudaram-se povoamentos de *Pinus caribaea* Mor. var. *hondurensis* (Sénécl.) W.H.G. Barr. e Golf. originados de sementes, e que sofreram os mesmos tratamentos culturais. Tais povoamentos localizavam-se no município de Agudos (SP), entre as coordenadas 22°20' a 22°29' de latitude sul e 48°51' a 48°59' de longitude oeste.

A região tem relevo predominantemente plano, altitude de 550 m e solos classificados, segundo Santos et al. (2018), como Latossolo Vermelho distrófico típico (sítios 1, 2 e 3) e Neossolo Quartzarênico órtico gleissólico (sítio 4), ambos profundos e sem impedimentos físicos ao crescimento radicular.

O clima regional caracteriza-se como subtropical úmido sem estação seca com verão quente, Cfa da classificação de Köppen, com temperatura média anual de 20,4°C e precipitação média anual de 1.374 mm (ALVARES et al., 2013).

Na escolha dos sítios amostrados, o primeiro critério de seleção foi a diferença em produtividade por incremento médio anual em volume com casca (IMAcc) e, caso esses valores fossem semelhantes, o segundo critério baseou-se nas análises de solos. Além disso, as árvores deveriam estar com idades semelhantes e com produção de lenho adulto (acima de oito anos). Os critérios tiveram como fontes de dados o inventário florestal e análises de solos. Com esses critérios, escolheram-se quatro sítios com espaçamento de plantio de 2,7 × 1,85 m, primeira rotação e árvores em idades compreendidas entre 10,5 e 12 anos (Tabela 1 e Tabela 2). Dentro dos sítios, selecionaram-se quatro indivíduos representativos do seu extrato dominante, com base no diâmetro à altura do peito (DAP) e com copa sem defeitos, como por exemplo bifurcações, ponteiro quebrado ou *foxtail*.

As 16 árvores dominantes selecionadas foram abatidas ao nível do solo. Nelas, separaram-se os compartimentos: galhos vivos, acículas, madeira e casca, sendo os dois últimos divididos em porção comercial (diâmetro mínimo de 6 cm) e total. No caso do tronco, retiraram-se discos com casca de aproximadamente 5 cm de espessura nas alturas de 0,1; 0,3; e 1,3 m e, depois disso, de 2 em 2 m até o último disco, retirado na altura do diâmetro mínimo de 6 cm ou o mais próximo possível disso.

De cada compartimento, determinou-se o peso seco total com base na relação entre peso amostral e peso total (galhos e acículas) ou densidade e volume (casca e madeira) (SILVA, 1996). Amostras foram pesadas em balança de precisão (0,01 g) e secas em estufa de renovação e circulação de ar a 60°C para determinação de nutrientes e em estufa a 110°C para densidade.

Para a determinação dos teores de nutrientes, seguiram-se os métodos propostos por Sarruge e Haag (1974), em que a decomposição dos materiais foi feita por via úmida, com emprego de misturas ácidas e peso de amostra de 0,2 g. Na determinação dos nutrientes P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn, a mistura ácida utilizada compôs-se de ácidos nítrico e perclórico. Já na determinação de N, utilizou-se o ácido sulfúrico, empregando-se o processo semimicro Kjeldahl.

Antes de se realizar a análise de variância (ANOVA), testaram-se as uniformidades das variâncias pelo teste de Bartlett. Assim, utilizou-se ANOVA com o delineamento inteiramente casualizado (DIC) para a análise dos conteúdos de nutrientes na madeira, casca, galhos e acículas. Após a realização da ANOVA, fizeram-se testes de comparação de médias de Tukey, além da verificação de inexistência da relação idade/conteúdo por meio de análise de covariância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Produção

A biomassa e o volume dos compartimentos madeira e casca foram diferentes entre os sítios (Tabela 3). Para esses compartimentos, o sítio de maior produção foi o único localizado em um Neossolo Quartzarênico, ao contrário dos demais, que estavam sobre Latossolo Vermelho. Embora a porcentagem de areia fosse maior no Neossolo, neste havia predominância da fração areia fina, o que aumenta o armazenamento de água no sítio. Além dessa característica, o sítio 4 apresentou valores que favorecem o crescimento para a maioria dos atributos químicos do solo, como, por exemplo, pH e saturação por bases (V%) (Tabela 1). Características básicas estimulam o crescimento de *Pinus caribaea* (HOLSTE; KOBE, 2017), mesmo que a espécie seja reconhecida como tolerante a solos de baixa fertilidade natural (GREAVES et al., 2015).

Nos sítios 1, 2 e 3 os atributos físicos e químicos do solo foram semelhantes. No entanto, a parcela de amostragem do sítio 2 teve menor número de árvores por hectare e propiciou maior crescimento individual nos indivíduos em relação

Tabela 1. Características dos povoamentos de *Pinus caribaea* var *hondurensis* e atributos físicos do solo na camada 0-20 cm nos sítios selecionados.

Sítio	IMA _{cc} m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹	Idade anos	H _{dom} m	G m ²	IS	Argila %	Areia		Densidade do solo g cm ⁻³
							Total	Fina	
1	26,2	10,0	18,0	36,1	19,9	13	80	23	1,4
2	29,8	11,3	19,7	39,3	20,3	13	82	31	1,4
3	36,2	10,0	20,2	44,1	22,4	12	83	42	1,4
4	47,8	9,6	22,8	48,6	25,9	6	90	44	1,5

IMA_{cc}: incremento médio anual com casca; H_{dom}: altura dominante; G: área basal por hectare; IS: índice de sítio.

Tabela 2. Atributos químicos dos solos na camada de 0–20 cm nos sítios selecionados com plantio de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Sítio	pH	K	Ca	Mg	H + Al	Al	V	m
	CaCl ₂	mmol _c dm ⁻³				%		
1	3,7	0,3	2	3	44	12	10	73
2	3,8	0,4	6	2	61	18	11	72
3	3,6	0,4	5	4	54	16	13	65
4	5,6	1,0	24	11	21	5	63	18

Sítio	SO ₄ ⁻²	B	Cu	Fe	Mn	Zn	P	MO
	mg dm ⁻³						mg dm ⁻³	g dm ⁻³
1	4	0,24	0,5	106	1,4	0,6	2,2	14
2	6	0,21	0,5	78	3,5	0,7	2,6	16
3	7	0,24	0,6	121	1,6	0,6	3,1	19
4	2	0,12	1,2	20	17,4	1,2	3,6	10

V: saturação por bases; m: saturação por Al; MO: matéria orgânica do solo.

Tabela 3. Biomassa dos compartimentos de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis**.

Sítio	Biomassa (kg arv ⁻¹)							
	Madeira	Casca	Acículas	Galhos				
1	71c	(8,5)	26,2c	(13,5)	8,4b	(24,0)	12,8b	(27,8)
2	110b	(8,8)	37,3b	(6,6)	9,9b	(19,8)	13,1b	(25,0)
3	82c	(14,6)	32,6b	(5,1)	10,7b	(18,1)	12,0b	(20,4)
4	168a	(11,4)	45,3a	(7,5)	16,9a	(22,2)	20,0a	(11,8)

*Médias seguidas por letras diferentes são estatisticamente diferentes nas colunas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro; coeficiente de variação (CV%) entre parênteses.

aos sítios 1 e 3, pois a competição por recursos entre as plantas nesses sítios restringiram o desenvolvimento das árvores. Em relação ao sítio 1, de menor crescimento, convém destacar que algumas características, como V%, relacionada ao suprimento de cátions básicos, e areia fina, que permite maior disponibilidade hídrica, foram menores nesse local.

No compartimento acículas, verifica-se que permanece o sítio 4 como o de maior produção, no entanto não existe diferenciação entre os sítios 1, 2 e 3, mesmo com o maior espaço disponível para o crescimento das árvores no sítio 2 (Tabela 3). Já para o compartimento galhos, não se obteve diferença estatística entre os dados, embora a média do sítio 4 seja de aproximadamente 6 a 8 kg arv⁻¹ maior do que os demais sítios. Esses resultados são decorrentes da alta variabilidade entre os valores encontrados nos diferentes sítios que, desse modo, não permitiram a discriminação das médias de tratamentos.

3.2. Concentração de nutrientes

Os teores encontrados para os nutrientes na madeira, K e Mg na casca e macronutrientes e Mn nos ramos (Tabela 4) estão entre a gama de valores encontrada por Castro et al. (1980) para *P. oocarpa* com 14 anos. Para as acículas, esses autores não indicam valores, mas os elementos N, Fe e Mn estão em valores médios preconizados por Malavolta et al. (1997) para o gênero *Pinus*. Considerando os valores de Castro et al. (1980) para *P. oocarpa* com 14 anos como referência, na casca, os nutrientes N, P e Ca estão acima, e Fe e Mn estão com o dobro da concentração nos ramos. Fe está com o dobro e Zn com menos da metade da concentração. Em relação às acículas, os teores de Malavolta et al. (1997) para o gênero *Pinus* indicam que, para P, K, Ca, Mg, Cu e Zn, os valores estão baixos. Para Cu na madeira, casca e galhos, Zn na casca e os nutrientes nas acículas, não se encontraram valores para referência em pinheiros tropicais.

Os teores dos nutrientes minerais N, K, Mg, Fe e Mn nas acículas foram os únicos significativamente diferentes entre os sítios (Tabela 4). O sítio 4 esteve no grupo com médias estatisticamente maiores para K, Mg e Fe, corroborando os resultados encontrados na análise de solo. Ainda de acordo com a análise química do solo, os teores de MO no sítio 2 estão entre os maiores e, no sítio 4, os teores são os menores, o que valida a concentração do N nos resultados deste estudo.

Tabela 4. Concentração de nutrientes dos compartimentos de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis**.

Sítio	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	
	g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹				
Madeira										
1	1,9 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,6 ^{ns}	0,6 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,9 ^{ns}	11,3 ^{ns}	58 ^{ns}	4,0 ^{ns}	
2	1,6	0,07	0,5	0,8	0,2	0,5	8,9	82	3,0	
3	1,6	0,07	0,5	0,6	0,1	0,6	12,8	67	2,4	
4	1,4	0,11	0,7	0,5	0,2	0,7	11,6	24	5,2	
Casca										
1	4,1 ^{ns}	0,26 ^{ns}	1,1 ^{ns}	2,1 ^{ns}	0,3 ^{ns}	3,2 ^{ns}	180 ^{ns}	56 ^{ns}	13,0 ^{ns}	
2	4,6	0,21	0,8	1,9	0,3	3,4	181	65	12,5	
3	3,6	0,23	1,0	1,9	0,2	3,6	226	69	11,9	
4	4,3	0,35	2,2	2,3	0,5	4,2	236	40	16,7	
Galho										
1	2,4 ^{ns}	0,16 ^{ns}	1,0 ^{ns}	0,7 ^{ns}	0,4 ^{ns}	1,9 ^{ns}	79 ^{ns}	108 ^{ns}	8,2 ^{ns}	
2	3,0	0,19	1,1	1,1	0,4	2,2	117	146	6,5	
3	2,2	0,14	0,7	1,0	0,3	2,3	122	151	7,4	
4	2,4	0,23	1,4	1,2	0,5	1,7	110	75	9,1	
Acículas										
1	13,2b	0,75 ^{ns}	5,6b	1,6 ^{ns}	0,8ab	3,2 ^{ns}	149b	296a	21,9 ^{ns}	
2	15,3a	0,68	4,7b	1,5	0,8b	2,4	157b	323a	28,1	
3	13,0b	0,65	4,7b	1,3	0,6b	3,3	171ab	303a	18,4	
4	13,0b	0,94	8,8a	1,5	1,1a	4,6	263a	118b	30,3	

*Médias com letras diferentes nas colunas para mesmo compartimento são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro; ns: não significativo.

3.3. Conteúdo de nutrientes

A ANOVA mostrou que, para todos os nutrientes dos compartimentos madeira e casca, houve diferença significativa entre os tratamentos, mas, para Ca e Mn no compartimento acículas e para N e micronutrientes no compartimento casca, não houve diferença (Tabela 5). O sítio 4, de maior produção em biomassa nos compartimentos, foi o que apresentou as maiores médias de acúmulo para a maioria dos nutrientes avaliados. As menores médias de acúmulo foram geralmente encontradas nos sítios 1 e 3. Os conteúdos foram em geral maiores quanto maior a produção de biomassa nos compartimentos, no entanto, isso nem sempre ocorreu, como no compartimento acículas, em que a elevada concentração no sítio 2 compensou a menor produção de biomassa.

A distribuição interna de nutrientes na fitomassa florestal variou com o compartimento considerado, mesmo que a absorção, acúmulo e liberação de nutrientes dependam, em parte, da idade e do estágio de desenvolvimento das árvores (BELLOTE et al., 2001). A ordem no conteúdo de macronutrientes seguiu $N > Ca, K > Mg > P$, em que por vezes $Ca > K, K > Ca$ ou $K = Ca$. Já para micronutrientes, a ordem de conteúdo entre sítios torna-se pouco compreensiva, pois não se verificou padrão de resposta. Na distribuição dos nutrientes entre compartimentos, a menor quantidade de macro e micronutrientes ocorreu nos galhos (Tabela 5), como resultado de o compartimento apresentar uma das menores biomassas acumuladas (Tabela 3) e baixa concentração de nutrientes (Tabela 4). A madeira e a casca ficaram bem caracterizadas pelos elevados conteúdos de Ca e de micronutrientes, alcançados principalmente pelo maior acúmulo de biomassa (Tabela 3) em relação aos demais compartimentos. Já nas acículas, é notável o conteúdo de N, P, K e Mg em comparação aos demais compartimentos com maior valor de biomassa, causado pelo efeito do teor desses nutrientes.

Os componentes casca, galhos e acículas podem ser utilizados para a produção de energia, mas sua manutenção a campo, como resíduo da exploração, tem grande importância na sustentabilidade da produção (BELLOTE et al., 2001). A quantidade de nutrientes presentes nesses compartimentos é duas vezes maior do que na madeira (média de todos os nutrientes) e, mesmo que no caso do *Pinus*, o descascamento não seja utilizado por causa da resina, a quantidade média de nutrientes das acículas + galhos é de aproximadamente 40% daquela presente na madeira + casca.

Tabela 5. Conteúdo de nutrientes dos compartimentos de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Sítio	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
	g árv ⁻¹					mg árv ⁻¹			
Madeira									
1	128a	5,8b	39,6b	42,5b	11,7bc	57,8b	812b	4184b	233b
2	159ab	6,7b	50,0b	95,8a	17,7b	44,3b	969b	9273a	262b
3	130b	5,2b	39,3b	52,3b	11,1c	48,6b	1202ab	5827b	175b
4	208a	15,8a	99,2a	86,0a	36,2a	98,7a	1909a	4204b	784a
Casca									
1	98b	5,4b	20b	44b	6,7b	75b	4231b	1379b	274b
2	146ab	6,3b	22b	52b	7,6b	104b	6290b	2408a	370ab
3	104b	5,7b	21b	57b	6,2b	101b	5021b	1893ab	290b
4	166a	10,8a	64a	93a	16,5a	169a	9630a	1481b	538a
Acículas									
1	131b	7,4b	54b	15,6 ^{ns}	8,4b	30,4b	14,6b	29,9 ^{ns}	20,7b
2	127b	5,8b	38b	12,9	6,8b	19,2b	13,0b	26,6	22,6b
3	138b	7,0b	50b	15,0	6,8b	35,3b	18,3b	32,9	19,9b
4	223a	16,3a	148a	27,3	19,7a	78,3a	43,6a	21,9	52,4a
Galhos									
1	34,4 ^{ns}	2,1b	13,8b	9,9b	5,3b	27,6 ^{ns}	11,6 ^{ns}	16,2 ^{ns}	13,1 ^{ns}
2	43,9	2,7b	15,2ab	15,2ab	5,8b	29,5	16,1	21,0	8,6
3	26,0	1,6b	8,5b	12,03b	3,8b	27,1	14,9	18,6	9,2
4	39,2	4,5a	27,2a	24,7a	10,2a	33,6	22,1	14,9	18,4

*Médias seguidas por letras diferentes nas colunas para um mesmo compartimento diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro; ns: não significativo.

A remoção dessas quantidades de nutrientes pode comprometer a produção do sítio, como observado por Chaves e Corrêa (2003; 2005), ou a produção futura, mesmo com reposição de nutrientes via fertilização (ROCHA et al., 2018), principalmente em solos altamente intemperizados.

4. CONCLUSÕES

Nos compartimentos acículas, galhos, casca e madeira, o conteúdo total de nutrientes nos diferentes sítios foi equivalente à produção de biomassa. Sítios mais produtivos possuem maiores conteúdos de nutrientes na biomassa florestal do que sítios de menor produção. A distribuição de conteúdo de nutrientes considerando todos os compartimentos pode ser resumida na seguinte sequência: N > Ca e K > Mg > P >> Mn e Fe > Zn > Cu, sendo Ca-K e Mn-Fe elementos que se alternam conforme o compartimento.

5. AGRADECIMENTOS

À Duratex S/A, à Embrapa Florestas e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

- 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. <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- BELLOTE, A.F.J.; DEDECEK, R.A.; SILVA, H.D.; GAVA, J.L.; MENEGOL, O. Nutrient export by clear cutting of *Eucalyptus grandis* of different ages on two sites, in São Paulo, Brazil. In: KOBAYASHI, S.; TURNBULL, J.W.; TOMA, T.; MORI, T.; MAJID, N.M.N.A. (orgs.). **Rehabilitation of degraded tropical forest ecosystems: workshop proceedings**. Bogor: CIFOR, 2001. p.173-177.
- BEVEGE, D.I. The management of forest soils and nutrition. In: AUSTRALIAN FOREST NUTRITION WORKSHOP, 1981, Camberra. **Anais [...]**. Camberra: CSIRO, 1981. p.253-261.
- CASTRO, C.F.A.; POGGIANI, F.; NICOLIELO, N. Distribuição da fitomassa e nutrientes em talhões de *Pinus oocarpa* com diferentes idades. **IPEF**, n.20, p.61-74, 1980.
- CHAVES, R. de Q.; CORRÊA, G.F. Macronutrientes no sistema solo-*Pinus caribaea* Morelet em plantios apresentando amarelecimento das acículas e morte de plantas. **Árvore**, v.29, n.5, p.691-700, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622005000500004>
- CHAVES, R. de Q.; CORRÊA, G.F. Micronutrientes no sistema solo-*Pinus caribaea* Morelet em plantios apresentando amarelecimento das acículas e morte de plantas. **Árvore**, v.27, n.6, p.769-778, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622003000600003>
- COLE, D.W. Nutrient cycling in world forests. In: GESSEL, S.P. (org.). **Forest site and productivity**. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1986. p.103-105.
- GREAVES, E.D.; MARIN, Y.; VISAEZ, F.; HERNÁNDEZ, E.J.V. Forestry plantations of *Pinus caribaea* in Venezuela as a solar energy collector. **Interciencia**, v.40, n.7, p.457-464, 2015.
- HOLSTE, E.K.; KOBE, R.K. Tree species and soil nutrients drive tropical reforestation more than associations with mycorrhizal fungi. **Plant and Soil**, v.410, p.283-297, 2017. <https://doi.org/10.1007/s11104-016-3013-z>
- LIMA, W.P. **O reflorestamento com eucalipto e seus impactos ambientais**. São Paulo: Artpress, 1987. 114p.
- MAIA, C.M.B.F.; SILVA, H.D. da; BELLOTE, A.F.J.; FERREIRA, C.A.; SHIMIZU, J.Y. Quantificación de la biomassa y nutrientes en *Pinus elliottii* var. *elliottii*. In: CONGRESO LATINOAMERICANO IUFRO, 1., 1998, Valdivia. **Anais [...]**. [Viena]: CONAF; IUFRO, 1998. 1 CD-ROM.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997, 319p.
- MORO, L.; FERREIRA, C.A.; SILVA, H.D. da; REISSMANN, C.B. Exportação de nutrientes em povoamentos de *Pinus taeda* L. baseada em volume estimado pelo sistema Sispinus. **Floresta**, v.38, n.3, p.465-477, 2008. <http://dx.doi.org/10.5380/rev.v38i3.12412>
- ROCHA, J.H.T.; GONÇALVES, J.L.M.; BRANDANI, C.B.; FERRAZ, A.V.; FRANCI, A.F.; MARQUES, E.R.G.; ARTHUR JUNIOR, J.C.; HUBNER, A. Forest residue removal decreases soil quality and affects wood productivity even with high rates of fertilizer application. **Forest Ecology and Management**, v.430, p.188-195, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.08.010>

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.Á.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; ARAÚJO FILHO, J.C.; OLIVEIRA, J.B.; CUNHA, T.J.F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018.

SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1974. 56p.

SILVA, H.D. da. **Modelos matemáticos para a estimativa da biomassa e do conteúdo de nutrientes em plantações de *Eucalyptus grandis* Hill (ex- Maiden) em diferentes idades**. 101f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1996.