









Suprimento de nitrogênio, estado nutricional, produção e qualidade da borracha de árvores de *Hevea brasiliensis*

William Gutieli Gouveia Luiz^{1*}, Geisa Lima Mesquita^{1*}, Felipe Oliveira Souza¹, Marcos Leandro Martins², Juliana Iassia Gimenez¹, Fernando César Bachiega Zambrosi³

¹Fundação Educacional de Penápolis, Avenida São José, 400, Vila São Vicente, CEP 16303-180, Penápolis, SP, Brasil

²Retesp Vedações Industriais, Parque Industrial El William, Rua. Moacir Amorim da Silva, 132, CEP 16306-504, Penápolis, SP, Brasil

³Instituto Agronômico, Centro de Solos e Recursos Ambientais, Avenida Barão de Itapura, 1481, Botafogo, CEP 13020-902, Campinas, SP, Brasil

*Autor correspondente:
gelm_1@hotmail.com

Termos para indexação:
Análise de tecido foliar
Equilíbrio nutricional de plantas
Seringueira

Index terms:
Leaf tissue analysis
Nutritional balance plants
Rubber tree

Histórico do artigo:
Recebido em 25/06/2020
Aprovado em 22/12/2021
Publicado em 11/08/2022

Resumo - Objetivou-se estudar os efeitos do N sobre concentração de nutrientes nas folhas, produção e qualidade da borracha, e relacionar as respostas com o estado nutricional de árvores de *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. na estação de crescimento anterior. O trabalho foi conduzido em área comercial, situada no município de Barbosa, SP, utilizando árvores com 12 anos de plantio e no primeiro ano de sangria. Os tratamentos corresponderam, além do controle, à fertilização com N na dose recomendada (50 kg ha⁻¹) e em excesso (100 e 200 kg ha⁻¹), com avaliação do estado nutricional das árvores, a produção e a qualidade de borracha. Os resultados revelaram efeito linear decrescente das doses de N sobre a produtividade das árvores. Adicionalmente, a aplicação 200 kg ha⁻¹ de N afetou a qualidade do produto, devido à diminuição da resistência mecânica da borracha. Em função das doses de N, houve aumento na concentração foliar de N, P e K, mas redução de Ca. Conclui-se que a análise foliar poderia ser uma ferramenta auxiliar para definir doses adequadas de adubação nitrogenada para a cultura da seringueira no início da fase produtiva, evitando-se efeitos negativos do desequilíbrio nutricional sobre a performance produtiva e a qualidade da borracha.

Nitrogen Supply, nutritional status, yield and quality of rubber of *Hevea brasiliensis* trees



Abstract - We aimed to study the effect of N fertilization on leaf composition, yield and quality of rubber of trees of *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. and how the responses relate to plant N status at the previous growing season. The experiment was carried out in a commercial rubber plantation, located in the municipality of Barbosa, São Paulo State, with 12-year-old trees and first tapping. The treatments corresponded to fertilization with N at the recommended rate (50 kg ha⁻¹) and excessive rates (100 and 200 kg ha⁻¹); a control without application of the nutrient was also included. Tree nutritional status, yield and quality of rubber were evaluated. The results revealed a decreasing linear effect of N on yield. The highest N rate also affected latex quality, as revealed by a decreasing in the values of parameters associated with mechanical strength. There was an increase in leaf concentration of N, P and K, while Ca was reduced. Our results, therefore, suggest that leaf analysis could be a complementary tool for adjusting N fertilization of rubber trees and contribute to reduce the likelihood of detrimental effects of nutritional imbalance on trees performance and rubber quality.

Introdução

A cultura da seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) apresenta grande potencial econômico e social, devido à utilização do látex em diversas cadeias produtivas (Vaysse et al., 2012). A boa elasticidade, combinada com resistência mecânica, faz da borracha natural uma matéria-prima importante e estratégica para as indústrias automobilísticas (sua maior utilização, 90%), de construção civil e elétrica (Moreno et al., 2005), além da produção de materiais para uso nos setores da saúde e pesquisa científica (Ho, 2021). Contudo, o atendimento da crescente demanda por essa matéria-prima, a partir de ganhos de produtividade, depende, além do uso de genótipos mais adaptados (Arantes et al., 2013), de adequado suprimento de nutrientes. Isso contribuiria, por exemplo, para evitar desequilíbrios nutricionais e, assim, maximizar a produção e qualidade do látex (Salisu et al., 2016), bem como reduzir o período de imaturidade das árvores (Abraham et al., 2015; Vrignon-Brenas et al., 2019).

Neste contexto, atenção especial deveria ser concedida ao manejo do N, uma vez que é o nutriente absorvido em maior quantidade pelas árvores de seringueira, e constituinte de cerca de 3-4% da matéria seca das folhas (Saufe et al., 2018). Além disso, este elemento tem importante participação como componente estrutural da molécula de clorofila e de proteínas relacionadas ao metabolismo foliar, o que influencia diretamente o potencial produtivo da cultura (Allen et al., 2015; Allé et al., 2015; Leghari et al., 2016). De fato, a maior parte do N absorvido é alocado nas folhas, fazendo com que a aplicação inadequada de fertilizantes nitrogenados potencialize desequilíbrios nutricionais e subsequentes prejuízos nas funções de outros nutrientes (Bataglia & Santos, 1999; Ahrends et al., 2015; Chen et al., 2017). Portanto, o refinamento do manejo da adubação, para a definição das quantidades mais apropriadas de N a serem aplicadas, depende, em adição ao conhecimento da expectativa de produtividade, da quantidade acumulada do nutriente pelas plantas durante os ciclos anteriores de crescimento (Saufe et al., 2018).

Uma ferramenta importante para auxiliar no suprimento balanceado de N em plantas perenes e para amenizar possíveis ocorrências de desequilíbrios nutricionais e diminuição na eficiência de uso de recursos, diz respeito à avaliação da concentração de N nas folhas (Quaggio et al., 1998). No entanto, essa

prática não tem sido amplamente adotada na cultura da seringueira para manejo da adubação, havendo carência de informações sobre a sensibilidade e eficácia da análise foliar para estimar o potencial de resposta à adubação nitrogenada (Mendes et al., 2012). Assim, em função da necessidade de ampliar os resultados disponíveis sobre esse tema, objetivou-se: investigar os efeitos do N sobre a composição mineral do tecido foliar, produtividade e qualidade da borracha em árvores de seringueira no início da fase produtiva e relacionar os resultados com a avaliação do estado nutricional por N das árvores na estação anterior de crescimento. Além disso, espera-se que os resultados contribuam com o entendimento de como o suprimento em excesso de fertilizantes nitrogenados altera o balanço nutricional e as consequentes implicações para a performance produtiva das árvores e qualidade da borracha.

Material e métodos

Instalação e condução do experimento

O experimento foi realizado em área comercial de produção de seringueira, localizada no município de Barbosa, SP. O solo do local (Argissolo Vermelho-Amarelo) apresentava, para a camada de 0-20 cm as seguintes características: pH = 4,5; matéria orgânica (MO) = 5 g dm⁻³; P = 4 mg dm⁻³; K = 0,2 mmol_c dm⁻³; Ca = 5,0 mmol_c dm⁻³; Mg = 3,0 mmol_c dm⁻³; H+Al = 11,0 mmol_c dm⁻³; soma de bases (SB) = 8,2 mmol_c dm⁻³; capacidade de troca catiônica (CTC) = 13,0 mmol_c dm⁻³ e V% = 43%. Foram utilizadas árvores com 12 anos de idade do clone de seringueira RRIM 600, com espaçamento de 2,5 m entre plantas e 7,5 m entre linhas, implantadas em 2006. A aplicação de calcário e fertilizantes durante a fase de formação do seringal seguiu as recomendações para a cultura (Raij et al., 1997), enquanto as demais práticas de manejo foram aquelas normalmente adotadas pelo produtor.

Os tratamentos foram constituídos por doses de N (kg ha⁻¹), como segue: 50, 100 e 200, além do controle, que não recebeu suplementação com o nutriente. De modo a estimar a sensibilidade da análise foliar em prever as respostas da cultura a doses inadequadas de N, as quantidades em excesso do nutriente foram definidas como duas e quatro vezes àquela recomendada (50 kg ha⁻¹) (Raij et al., 1997). A análise foliar, na estação anterior de crescimento e antes do início dos tratamentos, revelou

os seguintes valores de concentrações de nutrientes: N = 29,0 g kg⁻¹; P = 2,9 g kg⁻¹; K = 8,6 g kg⁻¹; Ca = 13,2 g kg⁻¹; Mg = 3,0 g kg⁻¹ e S = 2,3 g kg⁻¹; B = 22,0 mg kg⁻¹; Cu = 15,6 mg kg⁻¹; Fe = 129,0 mg kg⁻¹; Mn = 166,0 mg kg⁻¹ e Zn = 20,0 mg kg⁻¹.

As adubações nitrogenadas iniciaram em setembro de 2018. O N foi aplicado na forma de ureia, sem incorporação ao solo, e teve a projeção das copas das árvores como a área de distribuição. O tratamento com 50 kg ha⁻¹ de N foi aplicado uma única vez, enquanto que para os tratamentos com 100 e 200 kg ha⁻¹ de N, foram realizadas duas aplicações (50% e 50%) e três aplicações (50%, 25% e 25%), respectivamente, em intervalos de 20 dias. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com quatro repetições. A parcela foi constituída por uma linha com dez plantas, sendo que a área útil para todas as avaliações correspondeu às quatro centrais.

Avaliação das respostas à fertilização nitrogenada

A primeira coleta dos coágulos foi efetuada após um mês do início dos tratamentos, sendo repetidas mensalmente ao longo de 12 meses. As sangrias ocorreram em intervalos de 5 dias em cada planta e foram estimuladas com a aplicação de Ethrel 2,5% sobre os cortes. Para a estimativa da produtividade (ton ha⁻¹ de coágulos), os coágulos foram individualmente pesados para cada planta. Foi considerada a produção de coágulo acumulada após seis meses e a produção total no período de 12 meses do início dos tratamentos.

Na última coleta, após a pesagem, os coágulos foram transformados em borracha natural, para verificação da qualidade física e química, segundo os métodos adotados pela American Society for Testing and Materials (ASTM D3184 e ASTM D2084) (ASTM, 2001). Foram considerados os seguintes parâmetros: resistência da borracha à tensão e ruptura (RBTR), resistência da borracha ao alongamento na ruptura (RBAR), resistência da borracha ao rasgo (RBR), deformação permanente da borracha por compressão após 22 h a 70 °C (DPBC), envelhecimento acelerado da borracha em ar, 70 h a 70 °C (EBAA) e resistência da borracha à absorção de água após 70 h a 100 °C (RBAA). Essas análises foram realizadas nos tratamentos mais contrastantes quanto ao suprimento de N (controle e 200 kg ha⁻¹ N).

Para avaliar o efeito da adubação nitrogenada sobre o estado nutricional da seringueira, após 12 meses do início dos tratamentos, foram retiradas 10 folhas

diagnóstico de cada planta (Raij et al., 1997), totalizando 40 folhas por parcela experimental.

Análise dos resultados

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), utilizando o programa estatístico SAS (SAS Institute, 2005). Os efeitos das doses de N foram avaliados por meio de análise de regressão, escolhendo-se os modelos (linear ou quadrático) com o maior valor de coeficiente de determinação (R²) e desde que significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. A comparação dos resultados referente à qualidade da borracha foi realizada pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade.

Resultados

Ao estudar a resposta à aplicação de N na produtividade de coágulos, foi observado efeito linear decrescente, tanto aos seis meses, como no acumulado durante os 12 meses do início dos tratamentos (Figuras 1a e 1b). De acordo com os modelos de regressão, os decréscimos estimados na produção foram de, aproximadamente, 20% entre o controle e a maior dose.

A aplicação em excesso de N também influenciou a qualidade da borracha (Tabela 1). Observou-se redução, entre o controle e aplicação de 200 kg ha⁻¹ de N, equivalente à 10%, 7%, 10%, 7% e 25% para resistência da borracha a tensão e ruptura (RBTR), resistência da borracha ao alongamento na ruptura (RBAR), resistência da borracha ao rasgo (RBR), deformação permanente da borracha por compressão após 22 h a 70 °C (DPBC) e resistência da borracha à absorção de água após 70 h a 100 °C (RBAA), respectivamente. No entanto, o envelhecimento acelerado da borracha em ar, 70 h a 70 °C (EABA) apresentou valor 50% inferior no tratamento sem aplicação deste nutriente.

Quanto ao estado nutricional das árvores de seringueira, observou-se aumento linear na concentração de N nas folhas com a aplicação do fertilizante nitrogenado (Figura 2a). Em relação ao P e K, foi detectada resposta quadrática positiva para as suas concentrações no tecido foliar (Figuras 2b e 2c). Contudo, para a concentração de Ca, houve redução em função do suprimento de N (Figura 2d). Para os demais nutrientes avaliados, não houve efeito dos tratamentos (Tabela 2).

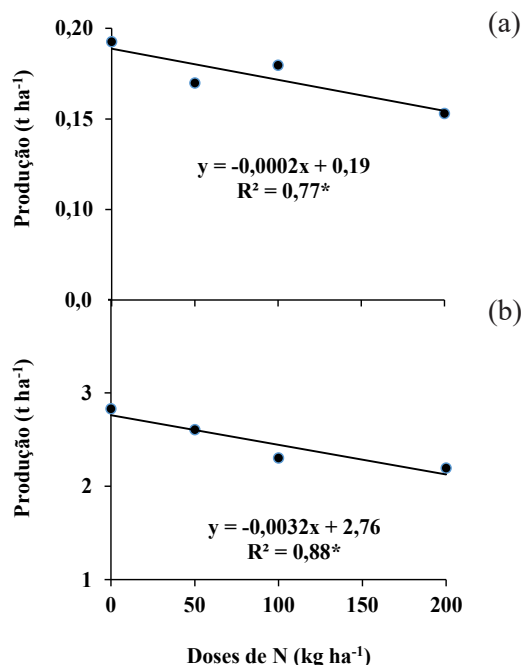


Figura 1. Efeito da aplicação de N sobre a produção total de coágulo de *Hevea brasiliensis* com 12 anos de idade, avaliada aos seis (a) e 12 meses (b) do início dos tratamentos com N. * = efeito significativo de dose de N ($p < 0,05$).

Figure 1. Effect of N fertilization on total clot yield of 12 years-old trees of *Hevea brasiliensis* at six months (a) and 12 months (b) after the beginning of treatments. * = significant effect of N rates ($p < 0.05$)

Tabela 1. Parâmetros de qualidade da borracha após 12 meses da aplicação de N em árvores de *Hevea brasiliensis* com 12 anos de idade.

Table 1. Rubber quality parameters after 12 months of N fertilization on 12 years-old trees of *Hevea brasiliensis*.

Parâmetros	Doses de N (kg ha ⁻¹ N)	
	0	200
RTRB (MPa)	22,5 a	20,4 b
RBAR (%)	390,0 a	362,0 b
RBR (KN m ⁻¹)	60,0 a	54,0 b
DPBC (%)	19,5 a	18,0 b
EABA (SHA)	0,11 b	0,22 a
RBAA (%)	5,2 a	3,9 b

¹Letras diferentes em cada linha indicam efeito para doses de N pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Resistência da borracha a tensão e ruptura (RTRB), resistência da borracha ao alongamento na ruptura (RBAR), resistência da borracha ao rasgo (RBR), deformação permanente da borracha por compressão após 22 h a 70 °C (DPBC), envelhecimento acelerado da borracha em ar, 70 h a 70 °C (EABA) e resistência da borracha à absorção de água após 70 h a 100 °C (RBAA).

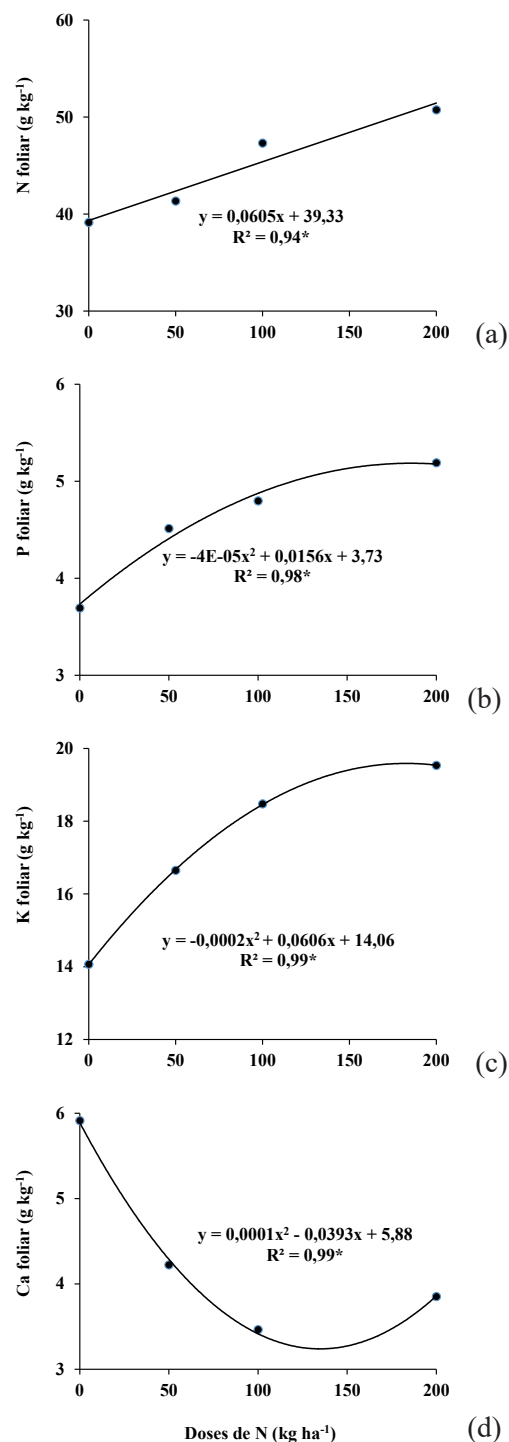


Figura 2. Concentração foliar de N (a), P (b), K (c) e Ca (d) em função da aplicação de doses de N em árvores de *Hevea brasiliensis* com 12 anos de idade. * = efeito de dose de N significativo para as concentrações dos nutrientes ($p < 0,05$).

Figure 2. Leaf concentration of N (a), P (b), K (c) and Ca (d) as a function of the application of N rates on 12 years-old trees of *Hevea brasiliensis*. * = significant effect of N rates ($p < 0.05$).

Tabela 2. Concentração de nutrientes em folhas de árvores de *Hevea brasiliensis* com 12 anos, em função da aplicação de N.
Table 2. Evaluation of the nutritional status of 12 years-old trees of *Hevea brasiliensis* as a function of N rates.

Doses de N	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
kg ha ⁻¹	g kg ⁻¹			mg kg ⁻¹			
0	3,0 ^{ns}	3,0 ^{ns}	19,5 ^{ns}	15,6 ^{ns}	128,0 ^{ns}	173,0 ^{ns}	42,0 ^{ns}
50	3,3	2,9	19,6	15,9	120,0	172,0	39,0
100	3,4	3,1	19,2	16,0	119,0	169,0	41,0
200	3,0	3,0	19,3	16,1	121,0	170,0	40,0

ns = não houve efeito significativo ($p > 0,05$) das doses de N sobre a concentração no tecido foliar, de um dado nutriente, em árvores de seringueira.

Discussão

A crescente preocupação envolvendo contínuos ajustes nas práticas de manejo de fertilizantes nitrogenados está diretamente relacionada à necessidade atual de aumento da produção agrícola, mas sem o agravamento dos impactos ambientais (Mesquita et al., 2017; Horton et al., 2021). Neste cenário, considerando que ainda existem dúvidas sobre o estabelecimento de um manejo mais eficiente da adubação nitrogenada para árvores de seringueira no início da fase produtiva, argumentou-se que: a avaliação do estado nutricional por N, na estação anterior de crescimento, contribuiria para avanços no tema, em função da sensibilidade deste procedimento em prever o potencial de resposta à aplicação do nutriente (Quaggio et al., 1998). Os resultados sugerem que, de fato, a adoção da análise foliar seria uma ferramenta eficaz em oferecer subsídios para auxiliar na definição das doses de fertilizantes nitrogenados para árvores no início da fase produtiva. Esse argumento é suportado pela avaliação do estado nutricional na estação anterior de crescimento, a qual revelou que as plantas apresentavam concentração de N foliar na faixa adequada (29,0 g kg⁻¹; Raij et al., 1997). Além disso, observou-se que a produção de coágulos reduziu, de forma linear, mediante a aplicação de N (Figuras 1a e 1b). Esse padrão de resposta, portanto, demonstra que a análise foliar seria eficiente para sugerir que o N exportado com o produto colhido fosse repostado com a adubação de manutenção, o que suporta, por sua vez, as recomendações da adubação nitrogenada adotadas para esta cultura (Raij et al., 1997).

O efeito detrimental observado para a fertilização excessiva com N sobre a performance produtiva da seringueira estaria associado, ao menos em parte, ao estresse nutricional causado diretamente pela concentração elevada de N no tecido foliar e subsequentes danos ao metabolismo das folhas (Marschner, 1995; Liao

et al., 2019). Em relação aos prejuízos nos parâmetros de qualidade da borracha (Tabela 1), tal consequência foi provavelmente devido à ação deletéria que altas concentrações do elemento exercem nas características funcionais desse produto (Esah, 1990; Moreno et al., 2003). Esse padrão de resposta da seringueira à aplicação do N, no início da fase produtiva, poderia ser explicado pelo fato de que as árvores do tratamento controle já apresentavam teores de N foliar na faixa da suficiência (Figura 2a; Raij et al., 1997). O fenômeno estaria relacionado à ciclagem do N com a senescência das folhas, bem como com a sua remobilização de outros órgãos por ocasião da emissão de novos fluxos de crescimento (Bataglia & Santos, 1999; Ahrends et al., 2015; Chen et al., 2017).

Adicionalmente, argumenta-se que os efeitos negativos sobre a performance produtiva da seringueira, devido à aplicação excessiva de N, também foram consequências de alterações no balanço nutricional das árvores. Por exemplo, enquanto o P teve a sua concentração no tecido foliar acima da faixa de suficiência, efeito contrário foi observado para o Ca, que apresentou valores deficientes nas folhas (Figuras 2b e 2d; Raij et al., 1997). Considerando que há um sinergismo entre N e P, devido ao papel desses nutrientes no funcionamento do sistema fotossintético, ocorreu um consequente estímulo à aquisição de P nas árvores que receberam aplicação de N (Davidson & Howarth, 2007). Ainda, embora um efeito sinérgico também tenha sido observado entre N e K, os teores desse cátion permaneceu na faixa de suficiência (Figura 2c; Raij et al., 1997), não contribuindo, portanto, para o desbalanço nutricional relacionado à aplicação de N em excesso. Essa relação positiva entre estes elementos está de acordo com o observado por Bataglia & Santos (1999), e pode ser explicado pelo aumento na demanda por K para sustentar a maior síntese de proteínas foliares com o suprimento

de N (Marschner, 1995). Por outro lado, a deficiência induzida de Ca nas doses excessivas de N pode, por sua vez, ter contribuído para redução na produção de coágulo e qualidade da borracha, devido a prejuízos na formação da parede celular e das estruturas anatômicas do sistema laticífero (Marschner, 1995). Além disso, essa desordem nutricional foi provavelmente relacionada com uma queda na absorção de Ca, em função do aumento da acidez e perdas do elemento pelo processo de lixiviação (Bataglia & Santos, 1999).

Conclusões

A análise foliar é uma ferramenta importante para auxiliar no refinamento da adubação nitrogenada da seringueira no início da fase produtiva e no monitoramento do estado nutricional das árvores. Essa técnica pode ser útil para ajustar as doses a serem aplicadas e evitar que a aplicação de N em excesso afete a produtividade de coágulo e qualidade da borracha devido ao desequilíbrio nutricional causado às plantas, tal como a deficiência induzida de Ca. Adicionalmente, em função dos resultados promissores envolvendo o uso da análise foliar com o referido propósito, argumenta-se a necessidade de novos estudos, que contemplem a avaliação de resposta à aplicação de N em árvores apresentando estado nutricional contrastante pelo nutriente.

Agradecimentos

À Retesp pela realização das análises de qualidade da borracha.

Referências

- Abraham, J. et al. Effect of integrated nutrient management on soil quality and growth of *Hevea brasiliensis* during the immature phase. **Rubber Science**, v. 28, n. 2, p. 159-167, 2015.
- Ahrends, A. et al. Current trends of rubber plantation expansion may threaten biodiversity and livelihoods. **Global Environmental Change**, v. 34, p. 48-58, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.06.002>.
- Allé, J. Y. et al. Effect of mineral fertilization on agrophysiological parameters and economic viability of clone PB 235 of *Hevea brasiliensis* in the region of GO in south western Côte d'Ivoire. **Journal of Animal & Plant Sciences**, v. 24, n. 2, p. 3768-3780, 2015.
- Allen, K. et al. Soil nitrogen-cycling responses to conversion of lowland forests to oil palm and rubber plantations in Sumatra, Indonesia. **PLoS One**, v. 10, n. 7, 2015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133325>.
- Arantes, F. C. et al. Adaptability and stability in rubber tree progenies under different environmental conditions. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 73, p. 37-44, 2013. <https://doi.org/10.4336/2013.pfb.33.73.436>
- ASTM. American Society of Testing and Materials. **Annual book of ASTM standards**: v. 0.001. Philadelphia, 2001.
- Bataglia, O. C. & Santos, W. R. Efeito da adubação NPK na fertilidade do solo, nutrição e crescimento da seringueira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 881-890, 1999.
- Chen, K. et al. Estimation of the nitrogen concentration of rubber tree using fractional calculus augmented NIR spectra. **Industrial Crops and Products**, v. 108, p. 831-839, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.06.069>
- Davidson, E. A. & Howarth, R. W. Nutrients in synergy. **Nature**, v. 449, p. 1000-1002, 2007. <https://doi.org/10.1038/4491000a>.
- Esah, Y. Clonal characterization of latex and rubber properties. **Journal of Natural Rubber Research**, v. 5, n. 1, p. 52-80, 1990.
- Ho, C. C. Fundamentals and recent applications of natural rubber latex in dipping technology. In: Kohjiya, S. & Ikeda, Y. **Chemistry, manufacture, and application of natural rubber**. 2nd. ed. San Diego: Elsevier Science & Technology, 2021. p. 317-361. (Woodhead Publishing in Materials series). <https://doi.org/10.1016/C2018-0-04686-1>.
- Horton, P. et al. Technologies to deliver food and climate security through agriculture. **Nature Plants**, v. 7, n. 3, p. 250-255, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41477-021-00877-2>.
- Leghari, S. J. et al. Role of nitrogen for plant growth and development: a review. **Advances in Environmental Biology**, v. 10, n. 9, p. 209-218, 2016.
- Liao, L. et al. Effect of nitrogen supply on nitrogen metabolism in the citrus cultivar 'Huangguaogan.' **Plos One**, v. 14, n. 3, 2019. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213874>.
- Marschner, H. Functions of mineral: micronutrients. In: Marschner, H. **Mineral nutrition of higher plants**, 2. ed. San Diego: Academic Press, 1995. p. 313-404.
- Mendes, A. D. R. et al. Concentração e redistribuição de nutrientes minerais nos diferentes estágios foliares de seringueira. **Acta Amazônica**, v. 42, p. 525-532, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672012000400010>.
- Mesquita, G. L. et al. A practical approach for assessing the efficiency of coated urea on controlling nitrogen availability. **Bragantia**, v. 76, p. 311-317, 2017. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.034>.
- Moreno, R. M. B. et al. Avaliação do látex e da borracha natural de clones de seringueira no Estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 5, p. 583-590, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2003000500005>.
- Moreno, R. M. B. et al. Technological properties of latex and natural rubber of *Hevea brasiliensis* clones. **Scientia Agricola**, v. 62, p. 122-126, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162005000200005>.
- Quaggio, J. A. et al. Phosphorus and potassium soil test and nitrogen leaf analysis as a base for citrus fertilization. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 52, p. 67-74, 1998. <https://doi.org/10.1023/A:1009763027607>.

Raij, B. van et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônômico; Fundação IAC, 1997. p. 285. (Boletim técnico, 100).

Salisu, M. A. et al. Effect of soilless media on growth and some physiological traits of rubber (*Hevea brasiliensis*) seedlings. **International Journal of Agriculture, Forestry and Plantation**, v. 3, n. 1, p. 95-100, 2016. <http://ijafp.com/index.php/issue/volume-3-june-2016>.

Saufe, N. A. et al. Influence of different rates of nitrogen (N) and phosphorus (P) fertilizers on growth and nutrient use efficiency of rubber (*Hevea brasiliensis*). **European Journal of Engineering Research and Science**, v. 3, n. 3, 2018. <https://doi.org/10.24018/ejers.2018.3.3.628>.

Sas Institute Inc. **The SAS System: r** - Release 6.12. Cary, NC, 2005

Vaysse, L. et al. Natural rubber. In: Matyjaszewski, K. M. **Polymer science: a comprehensive reference**. Amsterdam: Elsevier, 2012.p. 281-293. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53349-4.00267-3>.

Vrignon-Brenas, S. et al. Nutrient management of immature rubber plantations: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 93, p. 11, 2019. <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0554-6>.