

POTÁSSIO NA CULTURA DO EUCALIPTO: UMA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA

Data de submissão: 09/06/2023

Data de aceite: 01/08/2023

Leonardo Santos Cardozo

Departamento de Produção Vegetal,
Faculdade de Ciências Agrárias e
Tecnológicas (FCAT), Universidade
Estadual Paulista (UNESP), Dracena, São
Paulo, Brasil.
<http://lattes.cnpq.br/5863451291903512>

Vitor Corrêa de Mattos Barretto

Departamento de Produção Vegetal,
Faculdade de Ciências Agrárias e
Tecnológicas (FCAT), Universidade
Estadual Paulista (UNESP), Dracena, São
Paulo, Brasil.
<https://orcid.org/0000-0002-9332-1094>

Victor Hugo Cruz

Departamento de Produção Vegetal,
Faculdade de Ciências Agrárias e
Tecnológicas (FCAT), Universidade
Estadual Paulista (UNESP), Dracena, São
Paulo, Brasil.
<https://orcid.org/0000-0003-3174-8890>

Matheus da Silva Araújo

Departamento de Ciência do Solo, Escola
Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
(ESALQ) Universidade de São Paulo
(USP), Piracicaba, São Paulo, Brasil.
<https://orcid.org/0000-0001-8826-4307>

Yanca Araújo Frias

Departamento de Produção Vegetal,
Faculdade de Ciências Agrárias e
Tecnológicas (FCAT), Universidade
Estadual Paulista (UNESP), Dracena, São
Paulo, Brasil.
<https://orcid.org/0000-0003-1867-8533>

Paulo Renato Matos Lopes

Departamento de Produção Vegetal,
Faculdade de Ciências Agrárias e
Tecnológicas (FCAT), Universidade
Estadual Paulista (UNESP), Dracena, São
Paulo, Brasil.
<https://orcid.org/0000-0003-4886-5292>

Fernando Amoroso Laurenti

Departamento de Produção Vegetal,
Faculdade de Ciências Agrárias e
Tecnológicas (FCAT), Universidade
Estadual Paulista (UNESP), Dracena, São
Paulo, Brasil.
<http://lattes.cnpq.br/9056962228352489>

Rháira Uzae Rosso

Departamento de Produção Vegetal,
Faculdade de Ciências Agrárias e
Tecnológicas (FCAT), Universidade
Estadual Paulista (UNESP), Dracena, São
Paulo, Brasil.
<http://lattes.cnpq.br/6355611901075661>

José Antônio Rabelo dos Santos

Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas
(FCAT), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Dracena, São Paulo, Brasil.
<http://lattes.cnpq.br/7112151566642715>

Thalia Silva Valério

Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas
(FCAT), Universidade Estadual Paulista (UNESP), Dracena, São Paulo, Brasil.
<https://orcid.org/0000-0003-1769-9332>

RESUMO: O eucalipto é uma planta que apresenta rápido crescimento e praticidade em relação a formação de novas mudas, sendo imprescindível entender a resposta aos principais nutrientes, como o potássio. O potássio atua no funcionamento regular de muitos processos na planta, sendo realizadas diversas pesquisas sobre a resposta fisiológica da planta. O objetivo deste trabalho foi demonstrar as pesquisas em relação a adubação com potássio na cultura do eucalipto, ao longo dos anos e países atuantes. Um levantamento dos artigos envolvendo este tema foi realizado dentro do banco de dados da *Web of Science*, reunindo e demonstrando em gráficos e tabelas os principais pontos a serem evidenciados. As pesquisas encontradas apresentaram diferentes áreas de atuação, que podem agregar ou dificultar o cultivo de eucalipto, se apresentando principalmente no idioma inglês, apesar do maior número de pesquisas estar relacionado a agências, revistas ou autores afiliados a universidades brasileiras. Ao verificar os artigos e desenvolver a revisão bibliométrica, foi possível averiguar que existem alguns espaços aos quais futuras pesquisas podem ser direcionadas, de modo a ampliar a compreensão acerca do potássio no eucalipto.

PALAVRAS-CHAVE: adubação, artigos, bibliometria, macronutriente.

POTASSIUM IN EUCALYPTUS CULTIVATION: A BIBLIOMETRIC REVIEW

ABSTRACT: *Eucalyptus* is a plant that presents fast growth and practicality in relation to the formation of new seedlings, being essential to understand the response to the main nutrients, such as potassium. Potassium acts in the regular functioning of many processes in the plant, with several types of research being carried out on the physiological response of the plant. The objective of this work was to demonstrate how the research on the responses of fertilization with potassium in the eucalyptus crop are found, over the years and in active countries. A survey of articles involving this topic had been carried out within the Web of Science database, bringing together, and showing the main points to be highlighted in graphs and tables. The surveys found showed different areas of activity, which can add to or hinder the cultivation of eucalyptus, mainly in the English language, despite the largest number of surveys being related to agencies, journals, or authors affiliated with Brazilian universities. By checking the articles and developing the bibliometric review, it was possible to verify that there are some spaces to which future research can be directed, to broaden the understanding of potassium and eucalyptus.

KEYWORDS: articles, bibliometrics, fertilizing, macronutrients.

1 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O eucalipto é uma espécie amplamente utilizada na formação de florestas de crescimento rápido, de usos diversos além de contribuir na redução da pressão sobre as florestas nativas (BELLOTE; FERREIRA, 1993). Embora a espécie cresça e se desenvolva em áreas marginais e solos de baixa fertilidade, a adubação influencia muito o desenvolvimento do eucalipto e o potássio é um nutriente que não pode faltar, uma vez que metabolismo, transporte de carboidratos e diversas funções fisiológicas são funções do potássio nas plantas (MATEUS et al., 2019; MARSCHNER, 2012).

Dessa forma, uma revisão sistemática das publicações acadêmicas sobre o manejo do potássio em povoamentos florestais de eucalipto é essencial para compreender as pesquisas desenvolvidas, explorar trabalhos publicados e identificar direções futuras de pesquisa. A análise bibliométrica auxilia na compreensão dos dados existentes e na definição de ações futuras para agregar conhecimento científico nessa área de estudo. Logo, o objetivo deste estudo bibliométrico é analisar a evolução temporal e geográfica das publicações relacionadas ao manejo do potássio em povoamentos florestais de eucalipto.

2 | METODOLOGIA

2.1 Coleta dos dados

Para a coleta dos dados bibliométricos, foi realizada uma busca no banco de dados da *Web of Science* - Plataforma *Clarivate Analytics*. O levantamento teve início em meados do mês de outubro e foi conduzida uma pesquisa na coleção principal da *Web of Science*, utilizando o campo “Tópico”, que considera o título, resumo e palavras-chave de cada documento registrado. Os termos utilizados para a busca na base de dados foram “*potassium*” e “*eucalyptus*” no período de 1985 a 2021, utilizando o operador booleano “AND” para a intersecção dos termos.

Após a realização da busca, foram encontrados 390 resultados, os quais foram filtrados por categorias, sendo selecionadas as categorias “Silvicultura”, “Ciências das Plantas” e “Ciência do Solo”, resultando em 223 documentos. Em seguida, foi aplicado um filtro adicional para incluir apenas artigos científicos e artigos de revisão, resultando em 219 documentos que foram analisados e classificados de acordo com as informações contidas neles.

2.2 Padronização analítica

Determinados documentos encontrados não foram incluídos, uma vez que buscávamos agrupar os artigos relacionados ao potássio em relação ao gênero *Eucalyptus*,

mas eles se mostraram contrários ao que se esperava. Dos 219 artigos analisados, 157 foram descartados por não apresentarem correlação entre potássio (K) e florestas de eucaliptos.

No entanto, mesmo que esses artigos não contribuíssem para o trabalho em questão, eles demonstravam uma grande relevância, pois abordavam o desempenho do potássio em outras espécies florestais (ESCAMILLA et al., 2000; CABRERA-ARIZA et al., 2021) ou sua substituição por outros nutrientes visando aliviar situações de estresse em culturas (SETTE JUNIOR et al., 2014).

No final, 62 artigos foram considerados adequados e, utilizando a plataforma Power BI, as informações obtidas foram transformadas em gráficos, tabelas e mapas, permitindo uma melhor visualização e interpretação dos trabalhos acadêmicos. Os artigos foram separados e apresentados de acordo com os seguintes aspectos: “Anos de publicação”, “Países e regiões”, “Agências financiadoras”, “Instituições”, “Autores”, “Áreas de pesquisa”, “Títulos das publicações” e “Artigos mais citados”.

3 | DESENVOLVIMENTO

3.1 Dinâmica do potássio no solo e na planta

Os estudos selecionados investigam a relação entre o potássio e as florestas de eucalipto, com foco nas respostas fisiológicas das plantas à fertilização. Essas pesquisas têm como objetivo melhorar a qualidade da madeira, aumentar a produção de biomassa e reduzir danos causados pelo estresse. No entanto, há poucos estudos sobre a lixiviação do potássio, pois nas espécies florestais, devido à profundidade do sistema radicular, as perdas de nutrientes durante o movimento no solo são insignificantes. A Figura 1 apresenta as principais classificações mencionadas pelos autores nos artigos, relacionadas à dinâmica do nutriente K no sistema solo-eucalipto.

A presença do potássio na solução do solo, de modo a ser absorvido pelas plantas, depende de algumas condições, como cargas elétricas (NIELSEN et al., 1986; OLIVEIRA et al., 2004), matéria orgânica, aumento do pH, Capacidade de Troca Catiônica (CTC), mineralogia e teor de argila (NEVES; ERMANI; SIMONETE, 2009).

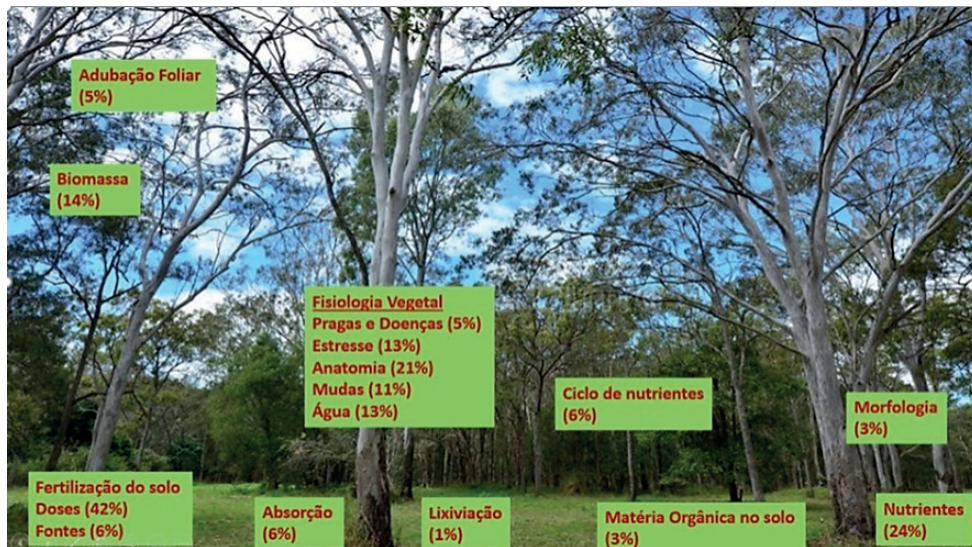


Figura 1. Relação entre os principais assuntos tratados sobre a ação do K e plantas de eucalipto.

Fonte: adaptada pelo próprio autor.

Por ser monovalente e apresentar um menor grau de hidratação, a absorção de potássio ocorre prioritariamente pelo íon K^+ em comparação com os íons divalentes (KABATA PENDIAS; PENDIAS, 1984). A difusão é a principal responsável pelo transporte de K para a raiz, mas quando presente em grande quantidade na solução do solo, o fluxo de massa também pode contribuir significativamente para o processo (RUIZ et al., 1999). O transporte de potássio ocorre passivamente, seguindo um gradiente eletroquímico (TAIZ; ZEIGER, 2010).

Devido à alta solubilidade do potássio, os fertilizantes orgânicos mais comumente utilizados geralmente apresentam baixos teores desse elemento. A orientação para a fertilização potássica é baseada nos níveis de K-trocável presentes no solo. No entanto, as plantas também podem utilizar o K não trocável e o potássio liberado por resíduos de culturas anteriores (RAIJ et al., 1996), que se tornam disponíveis após processos bióticos e abióticos.

Naturalmente, os solos contêm potássio em diferentes quantidades e formas, sendo comumente encontrado na forma de K estrutural, que é não trocável. O K trocável é utilizado como um estoque rápido que pode atender rapidamente às necessidades das plantas e ser usado ao longo do ciclo da cultura. Enquanto isso, o K não trocável serve como um estoque que pode ser mobilizado para repor o K trocável quando este estiver em menor disponibilidade (OLIVEIRA et al., 1971). Essas formas de K no solo podem suprir as plantas de maneira indireta, repondo o K trocável ou sendo absorvidas por algumas espécies.

As perdas de potássio podem ocorrer devido à extração e exportação pelas

culturas, erosão e mobilidade do potássio no perfil do solo. A mobilidade está associada à predominância de cargas positivas, ao acúmulo de K na solução do solo e à disponibilidade de água, que transporta o K para profundidades além do alcance do sistema radicular (MIELNICZUK, 2005), o que pode ocorrer em solos de diferentes texturas (WERLE et al., 2008).

Alguns fatores podem diminuir a mobilidade do potássio nas camadas do solo, como o teor de matéria orgânica e um pH na faixa de 5,5, que é ideal para uma melhor utilização do K₂O (MALAVOLTA, 1979), e um aumento na capacidade de troca de cátions (CTC). Uma alta CTC permite uma maior adsorção de cátions e reduz a mobilidade dos íons no perfil do solo (SILVA, 2013). Se a transição do K trocável para o não trocável ocorrer muito rapidamente devido ao equilíbrio natural do solo, pode ocorrer movimentação do nutriente no perfil do solo na forma não disponível (ROSOLEM et al., 2006). A fixação ocorre quando o potássio é aplicado no solo, onde uma parte se liga às cavidades trigonais entre lâminas tetraédricas adjacentes de minerais de argila 2:1, principalmente minerais interestratificados e vermiculitas (MARTIN; SPARKS, 1985).

3.2 Evolução das publicações ao longo dos anos

O emprego do potássio em florestas de eucalipto é imprescindível devido à sua influência direta na fotossíntese, defesa da planta, aumento no volume de madeira e resistência a estresses. As pesquisas sobre esse tema tiveram início na década de 80, sendo o primeiro trabalho realizado na Austrália (WARD et al., 1985), país de origem do eucalipto, que possui grande importância econômica e ecológica.

Na segunda metade da última década do século XXI, a cultura do eucalipto apresentou queda nas taxas de produção, possivelmente devido ao aumento das fiscalizações sobre os produtos destinados ao carvão vegetal. Porém, em contrapartida, a partir de 2012, houve um aumento significativo no número de pesquisas voltadas para a cultura do eucalipto, como pode ser observado na Figura 2. Essas pesquisas buscam obter melhores informações para aprimorar os métodos de produção, incluindo adubação, genética de clones e outros fatores que impactam diretamente na produção final da cultura.

Em 2018, houve a união de duas grandes empresas do ramo da celulose, o que resultou no aumento das áreas de plantio de eucalipto. Isso incentivou diretamente a realização de novas pesquisas (IBÁ, 2019), além de impulsionar o crescimento do PIB, melhorar as condições de vida e aumentar o consumo de madeira de eucalipto, que possui grande versatilidade de usos.

Embora grande parte das pesquisas esteja disponível em inglês, a maioria dos trabalhos conta com a participação, total ou parcial, de pesquisadores brasileiros. Isso pode ser motivado pelo maior impacto de citações que revistas internacionais possuem ou pelo fato de algumas revistas nacionais aceitarem apenas trabalhos já traduzidos para o

inglês (Figura 2).

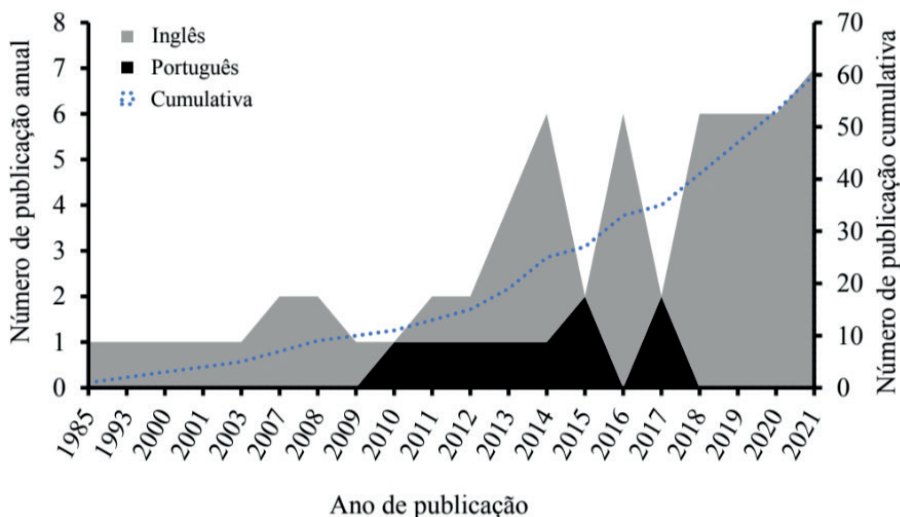


FIGURA 2. Número de artigos de acordo com o idioma e os anos de publicação referente a aplicação de potássio na cultura do eucalipto.

Fonte: próprio autor

3.3 Principais países, agências financiadoras, instituições, autores e áreas de pesquisa dedicadas ao potássio em eucalipto

No cenário internacional, a produção científica sobre a relação do potássio em florestas de eucalipto mostra que o Brasil lidera com 51,7% dos artigos considerados adequados. Em seguida, temos a França com 21,3%, Austrália com 9%, Estados Unidos com 6,7%, Espanha com 3,4%, Costa Rica com 2,2%, Uruguai com 2,2%, Chile com 1,1%, Colômbia com 1,1% e Inglaterra com 1,1%.

A presença significativa das pesquisas brasileiras nesse cenário se deve à adaptação e ao potencial produtivo do eucalipto nas condições climáticas e de mercado do país. Isso tem impulsionado o interesse dos pesquisadores brasileiros em investigar a relação do potássio com as florestas de eucalipto, o que também é aproveitado pelas indústrias de madeira e celulose.

No Brasil, as agências desempenham um papel fundamental no registro de publicações internacionais sobre a interação entre o potássio e o eucalipto. Das cinco principais agências nesse contexto, quatro são brasileiras: Fapesp, Capes, CNPq e a parceria “Usp Cofecub” entre a Universidade de São Paulo e o Comitê Francês.

A quantidade expressiva de eucalipto plantado no Brasil, que tem um impacto significativo no Produto Interno Bruto (PIB) nacional, incentiva a realização de pesquisas

relacionadas ao uso adequado do potássio nas florestas de eucalipto. A importância econômica dessa cultura impulsiona o interesse e o financiamento dessas pesquisas no país.

Entre as 10 principais instituições envolvidas em pesquisas relacionando o potássio com a cultura do eucalipto, três universidades brasileiras se destacam e estão entre as cinco primeiras, como mostrado na Tabela 1. Essas universidades estão localizadas principalmente nos estados de São Paulo e Minas Gerais, que são responsáveis por metade da produção brasileira de eucalipto, de acordo com o IBÁ (2020).

Dos 62 trabalhos analisados, grande parte contou com a participação de universidades brasileiras, que contribuem com autores e conhecimentos, buscando desenvolver pesquisas que agreguem ao conhecimento científico mundial. A França também se destaca como uma grande participante na produção desses artigos, mesmo possuindo apenas metade de sua área territorial destinada à agricultura. No entanto, eles são incentivados a realizar parcerias internacionais para suprir seus conhecimentos agrícolas em diversas culturas.

| Ranking | Instituição/País | Publicações | % |
|---------|---|-------------|------|
| 1º | UNIVERSIDADE DE SAO PAULO/ BRASIL | 36 | 16,3 |
| 2º | CIRAD/ FRANÇA | 26 | 11,8 |
| 3º | INRAE/ FRANÇA | 26 | 11,8 |
| 4º | UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA/ BRASIL | 24 | 10,9 |
| 5º | UNIVERSIDADE FEDERAL DE VICOSA/ BRASIL | 19 | 8,6 |
| 6º | INSTITUT AGRO/ FRANÇA | 16 | 7,2 |
| 7º | MONTPELLIER SUPAGRO/ FRANÇA | 16 | 7,2 |
| 8º | INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DEVELOPPEMENT IRD/ FRANÇA | 15 | 6,8 |
| 9º | UNIVERSITE DE MONTPELLIER/ FRANÇA | 14 | 6,3 |
| 10º | COMMONWEALTH SCIENTIFIC INDUSTRIAL RESEARCH ORGANISATION CSIRO/ AUSTRÁLIA | 13 | 5,9 |

Tabela 1. Instituições com grandes participações nas publicações referentes ao uso do potássio em florestas de eucalipto.

Fonte: próprio autor

Os autores, tanto brasileiros quanto estrangeiros, que estão afiliados a universidades no Brasil, desempenham um papel significativo na produção de artigos relacionados ao uso do potássio em plantas de eucalipto, como mostrado na Tabela 2. Isso se deve ao grande incentivo existente dentro do país, que é o maior produtor mundial dessa cultura. Além disso, as empresas privadas produtoras de celulose e madeira têm um papel importante nesse incentivo, uma vez que o eucalipto é a principal fonte de matéria-prima para essas indústrias, de acordo com o IBÁ (2020).

A combinação do incentivo governamental, a importância econômica do eucalipto

e o apoio das empresas do setor impulsionam a participação de autores afiliados a universidades brasileiras na produção de artigos científicos relacionados ao uso do potássio nessa cultura. Isso demonstra o comprometimento do Brasil em contribuir com o conhecimento científico e promover avanços na área de manejo e nutrição do eucalipto.

| Ranking | Autores | Instituição/País | Publicações | % |
|---------|-----------------|--------------------------|-------------|------|
| 1º | Laclau JP | Cirad/França | 17 | 27,4 |
| 2º | Nouvellon Y | Cirad/França | 10 | 16,1 |
| 3º | Tomazello M | USP/Brasil | 10 | 16,1 |
| 4º | Bouillet JP | Cirad/França | 9 | 14,5 |
| 5º | Battie-laclau P | Cirad/França | 7 | 11,2 |
| 6º | Chaix G | Cirad/França | 6 | 9,6 |
| 7º | Sette Junior CR | Univ. Montpellier/França | 6 | 9,6 |
| 8º | Christina M | Cirad/França | 4 | 6,4 |
| 9º | Gonçalves JLD | USP/Brasil | 4 | 6,4 |
| 10º | Castro VR | USP/Brasil | 3 | 4,8 |

Tabela 2. Autores que mais publicaram artigos a respeito do uso de potássio em florestas de eucalipto.

Fonte: próprio autor.

Os pesquisadores analisaram diferentes áreas de pesquisa relacionadas às possíveis ações do potássio na cultura do eucalipto, com o objetivo de ampliar e fortalecer o acervo de informações adquiridas pela ciência. Essas áreas selecionadas foram: “Silvicultura” (60%), “Ciência de Plantas” (27,1%), “Agricultura” (8,5%), “Ecologia e Ciências Ambientais” (2,9%) e “Química” (1,43%). Essas áreas selecionadas destacam as diferentes perspectivas e abordagens adotadas pelos pesquisadores para compreender a interação entre o potássio e a cultura do eucalipto, contribuindo para a expansão do conhecimento científico nesse campo.

3.4 Principais fontes de pesquisas, trabalhos e lacunas na literatura

Artigos sobre o uso do potássio em plantas de eucalipto foram publicados em 32 revistas científicas importantes, sendo destacadas a “Forest Ecology and Management” (11,3%), “Revista Árvore” (9,7%), “Scientia Forestalis” (6,4%), “Cerne” (4,8%) e “Ciência Florestal” (4,8%).

Das cinco revistas mais relevantes, quatro são brasileiras, representando 25,7% da produção científica total sobre o assunto. Isso evidencia a importância do Brasil nas pesquisas e no desenvolvimento acadêmico relacionados a temas florestais e nutricionais. A representatividade das revistas brasileiras reflete o compromisso do país em promover

e divulgar o conhecimento científico sobre o eucalipto e o uso do potássio nessa cultura, fortalecendo sua posição como referência na pesquisa florestal e nutricional.

Apesar disso, os artigos mais citados geralmente são publicados em revistas estrangeiras, mesmo com autores brasileiros. Isso pode ser atribuído à preferência pelo idioma inglês, que amplia o alcance e a visibilidade dos artigos. Por outro lado, as publicações em português têm um alcance mais limitado devido à barreira do idioma.

Artigos publicados há mais tempo também têm maior potencial de acumular mais citações, pois ao longo dos anos eles se tornam referências teóricas para outros trabalhos desenvolvidos posteriormente. Por exemplo, os principais artigos citados foram publicados entre os anos de 2000 e 2016. Entre os temas dos artigos mais citados, estão a resposta foliar à adubação com potássio (SAUR et al., 2000; LACLAU et al., 2009; BATTIE-LACLAU et al., 2013). Além disso, existem estudos sobre a ciclagem de nutrientes (TURNER, 2008; SILVA, 2013), respostas das funções fotossintéticas e produção de biomassa (BATTIE-LACLAU et al., 2014).

Esses trabalhos são referências importantes na área, fornecendo informações valiosas sobre a interação entre o potássio e o eucalipto, bem como seus efeitos nas respostas fisiológicas e produtivas das plantas.

De fato, a análise dos artigos revela áreas de pesquisa com grande potencial no estudo da influência do potássio nas plantas de eucalipto. Alguns desses tópicos incluem: resistência contra pragas e doenças, processo de absorção do potássio e fertilização foliar. Essas áreas de pesquisa são importantes para a compreensão dos mecanismos de ação do potássio nas plantas de eucalipto, bem como para o desenvolvimento de estratégias de manejo nutricional mais eficientes. Ao explorar esses tópicos, os pesquisadores podem contribuir para a melhoria da produtividade, qualidade e sustentabilidade da cultura do eucalipto.

CONCLUSÃO

A revisão sistemática revelou que foram publicados diversos trabalhos sobre o manejo do potássio em plantas de eucalipto em diferentes países. A maioria desses estudos abordou a fertilidade do solo e os efeitos do potássio nas plantas. No entanto, algumas lacunas de conhecimento foram identificadas, como a falta de estudos sobre a adubação foliar de potássio em combinação com boro para reduzir o estresse hídrico nas plantas, o uso de adubos potássicos de liberação lenta e a relação entre adubação potássica e a comunidade microbiana do solo. Essas lacunas representam oportunidades para pesquisas futuras e contribuem para um conhecimento mais abrangente sobre a cultura do eucalipto. A revisão bibliométrica facilita a identificação de novas direções de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- BATTIE-LACLAU, P.; DELGADO-ROJAS, J. S.; CHRISTINA, M.; NOUVELLON, Y.; BOUILLET, J. P.; CASSIA PICCOLO, M.; MOREIRA, M. Z.; GONÇALVES, J. L. G.; ROUPSARD, O.; LACLAU, J. -P. Potassium fertilization increases water-use efficiency for stem biomass production without affecting intrinsic water-use efficiency in *Eucalyptus grandis* plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 364, pp. 77-89, 2014.
- BATTIE-LACLAU, P.; LACLAU, J. P.; BERI, C.; MIETTON, L.; MUNIZ, M. R. A.; ARENQUE, B. C.; PICCOLO, M. D. C.; JORDAN-MEILLE, L.; BOUILLET, J. P.; Nouvellon, Y. Photosynthetic and anatomical responses of *Eucalyptus grandis* leaves to potassium and sodium supply in a field experiment. **Plant, Cell & Environment**, v. 37, pp. 70-81, 2014.
- BATTIE-LACLAU, P., LACLAU, J.-P., PICCOLO, M. D. C., ARENQUE, B.C., BERI, C., MIETTON, L., MUNIZ, M.R.A., JORDAN-MEILLE, L., BUCKERIDGE, M.S., NOUVELLON, Y., RANGER, J., BOUILLET, J.-P. Influence of potassium and sodium nutrition on leaf area components in *Eucalyptus grandis* trees. **Plant Soil**, v. 371, pp. 19–35, 2013.
- BELLOTE, A. F. J.; FERREIRA, C. A. Nutrientes minerais e crescimento de árvores adubadas de *Eucalyptus grandis*, na região do cerrado, no Estado de São Paulo. **Boletim Pesquisa Florestal**, v. 26/27, pp. 17-65, 1993.
- CABRERA-ARIZA, A. M.; RAGAGLINI, G.; SILVA-FLORES, P.; BUSTOS-LETELIER, O.; SANTELICES-MOYA, R. Nutrient (N, P, K) use efficiency and nitrogen balance in a bioenergy plantation of *Populus deltoides* clone Lux in San Piero A Grado (Pisa), Italy. **Bosque**, v. 42, pp. 269-278, 2021.
- ESCAMILLA, J. A.; COMERFORD, N. B. Phosphorus and potassium uptake by woody roots of twelve-year-old slash pine trees. **Forest Ecology and Management**, v. 129, pp. 153-166, 2000.
- IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório Ibá 2020**. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf>. Acesso em: 23/11/2021.
- IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório Ibá 2019**. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2019.pdf>. Acesso em: 18/11/2021.
- KABATA PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. Boca Raton: CRC Press, 1984. 548 p.
- LACLAU, J. P.; ALMEIDA, J. C. R.; GONÇALVES, J. L. M.; SAINT-ANDRÉ, L.; VENTURA, M.; RANGER, J.; MOREIRA, R. M.; NOUVELLON, Y. Influence of nitrogen and potassium fertilization on leaf lifespan and allocation of above-ground growth in *Eucalyptus* plantations. **Tree Physiology**, v. 29, p. 111-124, 2009.
- MALAVOLTA, E. **ABC da Adubação**. Editora Agronômica CERES Ltda. São Paulo (SP), 1979. 256 p.
- MARSCHNER, P. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3 ed. New York: Academic Press, 2012. 615 p.
- MARTIN H. W.; SPARKS D. L. On the behavior of nonexchangeable potassium in soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 16, p. 133-62, 1985.
- MATEUS, N. S.; FERREIRA, E. V. O.; JUNIOR, J. C. A.; DOMEQ, J. C.; JORDAN-MEILLE, L.; GONÇALVES, J. L. M.; LAVRES, J. The ideal percentage of K substitution by Na in *Eucalyptus* seedlings: Evidences from leaf carbon isotopic composition, leaf gas exchanges and plant growth. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 137, p. 102-112, 2019.

MIELNICZUK, J. Manejo conservacionista da adubação potássica. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Ed.). Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba: **Potafos**, 2005. p.165-178.

NEVES, L. S.; EMANI, P. R.; SIMONETE, M. A. Mobilidade de potássio em solos decorrente da adição de doses de cloreto de potássio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, pp. 25-32, 2009.

NIELSEN, D. R.; van GENUCHTEN, M. T.; BIGGAR, J. W. Water flow and solute transport process in the unsaturated zone. **Water Res. Res.**, v. 22, p. 89-108, 1986.

OLIVEIRA, R. H.; ROSOLEM, C. A.; TRIGUEIRO, R. M. Importância do fluxo de massa e difusão no suprimento de potássio ao algodoeiro como variável de água e potássio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 439-445, 2004.

OLIVEIRA, V.; LUDWICK, A.E.; BEATTY, M.T. Potassium removed from some southern brazilian soils by exhaustive cropping and chemical extractions methods. **Soil Science Society of America Journal**, v. 35, p. 763-767, 1971.

RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas, **Instituto Agrônomo & Fundação IAC**, 1996. 285p.

RUIZ, H. A.; MIRANDA, J.; CONCEIÇÃO, J. C. S. Contribuição dos mecanismos de fluxo de massa e de difusão para o suprimento de K, Ca, Mg às plantas de arroz. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, pp. 1015-1018, 1999.

ROSOLEM, C. A.; SANTOS, F. P.; FOLONI, J. S. S.; CALONEGO, J. C. Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha de milho e chuva simulada. **Pesquisa. Agropecuária Brasileira**, v. 41, pp. 1033-1040, 2006.

SAUR, E.; NAMBIAR, E. K. S.; FIFE, D. N. Foliar nutrient retranslocation in *Eucalyptus globulus*. **Tree Physiology**. v. 20, pp. 1105–1112, 2000.

SETTE JUNIOR, C. R.; TOMAZELLO FILHO, M.; SILVA JUNIOR, F. G.; LACLAU, J. P. Alterações nas características químicas da madeira com a substituição do K por Na em plantações de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 38, p. 569-578, 2014.

SILVA, P. H. M.; POGGIANI, F.; LIBARDI, P. L.; GONÇALVES, A. N. Fertilizer management of eucalypt plantations on sandy soil in Brazil: Initial growth and nutrient cycling. **Forest Ecology and Management**, v. 301, p. 67–78, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 5th Ed., Sinauer Associates Inc., Sunderland, 2010. 782 p.

TURNER, J.; LAMBERT, M.J. Nutrient cycling in age sequences of two *Eucalyptus* plantation species. **Forest Ecology and Management**, v 255, 1701–1712, 2008.

WARD, S. C.; PICKERSGILL, G. E.; MICHAELSEN, D. V.; BELL, D. T. Response to factorial combinations of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers by saplings of *Eucalyptus saligna* Sm., and the prediction of the responses by DRIS [Diagnostic and Recommendation Integrated System] indices. **Australian Forest Research (Australia)**, v. 15, pp. 27-32, 1985.

WERLE, R.; GARCIA, R. A.; ROSOLEM, C. A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2297-2305, 2008.