

# Os Produtos Florestais Não Lenhosos de Portugal Continental

Coordenadores:

Margarida Tomé & Tiago Lima



# Seiva

## Produtos Diretos para Inovar

Lima, Tiago Luís Ferreira<sup>1</sup>; Skulska, Iryna<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa

<sup>2</sup> Centro de Ecologia Aplicada “Professor Baeta Neves” (CEABN), InBIO, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa

Citação:

Lima, T.L.F., Skulska, I. (2024). Seiva – Produtos Diretos Para Inovar. Em Tomé, M., Lima, T.L.F. (Eds.), *Os Produtos Florestais Não Lenhosos de Portugal Continental* (Por publicar). ISAPress

# Seiva

## Produtos Diretos para Inovar

### Descrição e a sua importância histórica em Portugal

A seiva consiste numa exsudação líquida e mais ou menos açucarada que é extraída do tronco de árvores. A sua exploração em Portugal não é conhecida, mas existem vários exemplos atuais na América do Norte – com o conhecido Xarope de Bordo (de *Acer saccharum*) – e relatos históricos na Europa Central e Ocidental – a única produção industrial aconteceu na União Soviética, com *Betula spp.* (Svanberg et al. p. 2, 2012).

As técnicas de perfuração e colheita da seiva são variadas, desde sistemas mais simples (um pouco semelhantes à colheita de resina) com uma cunha e um balde pendurado (Figura 1), até aos sistemas industriais com tubagens instaladas em cada árvore (por vezes ligado a uma bomba de vácuo) para minimizar a mão-de-obra; ver mais detalhes na bibliografia para as espécies dos géneros mais exploradas, *Betula* e *Acer* (Helfferich, 2004;



Figura 1 - Colheita tradicional de seiva de *Acer* com cunha e balde de metal, no Quebec, Canadá © Salomé Maydron, licença CC0, via Pexels.com

Humphrey, n.d.; Perkins et al., 2022). O mecanismo específico que explica este fenómeno é muito complexo. Resumidamente, para o género *Acer*, o corrimento da seiva tem por base a ocorrência de dias com temperatura negativas. Mais tarde, o início da campanha de extração começa com a chegada de dias que alternam entre temperaturas negativas noturnas e temperaturas positivas diurnas. Cada vez que isto se verifica, a árvore pode exsudar seiva durante cerca de 24 horas.

Segundo a teoria osmótica proposta por Tyree (1995) e validada por Cirelli et al. (2008), no género *Acer* verifica-se a presença de barreiras semipermeáveis que impedem o

fluxo de sacarose dos vasos para as fibras, mas não de outros açúcares com peso molecular menor. Com a temperatura negativa, os vasos diminuem o teor de água, mas concentram sacarose, gerando uma forte pressão osmótica; a temperatura positiva aumenta a disponibilidade de água para a planta, a qual é atraída pela pressão osmótica no tronco. Em vários outros géneros (taxonómicos) verificam-se fossos entre vasos e fibras, não satisfazendo as condições para a formação de pressão osmótica no tronco com sacarose. Todavia, isto não torna a espécie inviável. Por exemplo, no género *Betula* explorado ativamente no Alaska, um outro mecanismo gera a

pressão, desta vez com origem nas raízes (Cirelli et al., 2008) – a necessidade da inversão diária entre temperaturas positiva e negativa parece não se verificar para este género, somente descongelação do solo (Merwin & Lyon, 1909); noutras espécies, os fossos entre vasos e fibras ficam entupidos durante o inverno – p.ex. *Fraxinus americana* (Wheeler, 1981) – gerando sazonalmente condições semelhantes às encontradas no género *Acer*. Por fim, um estudo laboratorial com ramos podados mostrou que nos géneros testados (*Fagus*, *Thuja*, *Betula*, *Acer*), todos absorveram a seiva quando congelados e excretaram ao descongelar, exceto *Acer* que demonstrou o oposto – excretou seiva ao congelar (Johnson et al., 1987).

Para analisar a viabilidade deste PFNL em Portugal, primeiro é preciso verificar se existem naturalmente no nosso território espécies (potencialmente) produtivas.

## Espécies e suas áreas de distribuição

Para a Europa Central e do Norte, Svanberg et al. (2012) reporta a seguinte lista de espécies cuja seiva teve um aproveitamento histórico relatado, as quais

ocorrem nativamente em Portugal, ou pelo menos o mesmo género: *Acer pseudoplatanus* (padreiro), *Betula pubescens* (bidoeiro), *Sorbus aucuparia* (sorveira), *Fraxinus spp.* (freixo), *Prunus avium* (cerejeira-brava), *Populus spp.* (choupo), *Salix spp.* (salgueiro), *Ulmus spp.* (ulmeiro), *Cornus spp.* (corniso-comum), *Pinus sylvestris* (pinheiro-silvestre). A viabilidade de cada uma destas espécies para produção de seiva de qualidade em Portugal deve ser verificada experimentalmente. Outras espécies não nativas, mas naturalizadas em Portugal são sugeridas para produção (Cirelli et al., 2008), p.ex. *Juglans spp.* (noqueira).

Apesar da extensão da lista de possibilidades, as espécies com maior potencial para produção comercial em Portugal são as espécies *Acer pseudoplatanus* (**padreiro**) e *Betula pubescens* (**bidoeiro**), ambas com uso histórico e actual na Europa.

Num cenário futuro em que este PFNL originaria uma fileira, o aumento da produtividade e/ou qualidade de seiva poderá passar pela produção de híbridos entre *Acer* nativas (*A. monspessulanum* e *A. pseudoplatanus*) e parentes norte-americanos (p.ex. *A. Saccharum*). Para tal, os cruzamentos selecionados teriam por base a tamanhos genómicos e

número de cromossomas semelhantes, uma vez que o género *Acer* hibridiza facilmente (Contreras & Shearer, 2018); esta informação está amplamente disponível, contudo os genomas de Portugal carecem de estudo genético adicional (Gómez & Güemes, 2015; Leitch et al., 2019).

As duas espécies nativas principais, bidoeiro e padreiro, têm a maioria das suas observações nas regiões (NUTS II) Centro e Norte de Portugal, com esta última também observada na Grande Lisboa (Lima, 2024) – ver Figura 3 e Figura 4.

## Produtos e Serviços associados

A matéria-prima é a seiva que pode ser consumida diretamente como um substituto da água mineral, uma vez que contém vários macro (Ca, K e Mg) e micronutrientes (Mn, Cu, Zn), bem como um ligeiro teor de açúcares (glucose, frutose e/ou sacarose) e antioxidantes. Os valores para cada parâmetro variam entre espécies, entre povoamentos, entre árvores e mesmo com a idade da árvore (Grabek-Lejko et al., 2017; Zajaczkowska et al., 2019), pelo que seria necessário avaliar

experimentalmente amostras colhidas em diversos pontos do país e com diversas árvores por parcela.

Esta matéria-prima nos EUA é tipicamente transformada em xarope, concentrando o açúcar através da redução da água em solução. No caso do xarope de bidoeiro do Alaska, a associação ABSA exige um mínimo de 67 graus brix (Helfferich, 2004). Esta extração da água pode ser feita por fervura, osmose inversa, com um evaporador/destilador ou com uma combinação das anteriores. Os principais compostos de açúcar variam entre espécies – p.ex. *Betula* é rica em frutose, *Acer* é rica em sacarose. Outros meios de transformação baseiam-se na fermentação (Helfferich, 2004; Perry et al., 2020; Svanberg et al., 2012): cerveja, gasosa, hidromel ou até mesmo ‘kombucha’.

Na Europa é comum serem reportados valores de concentração de açúcar inferiores aos das espécies norte-americanas (Svanberg et al., 2012). Nestes casos, a produção de xarope pode não ser rentável pelo maior gasto de energia na sua purificação, pelo que a venda em fresco ou fermentada terá maior viabilidade. Estes produtos fermentados podem incorporar outros PFNL (Svanberg et al., 2012), aumentando o potencial de valorização das florestas nativas.

Por outro lado, um estudo preliminar no Sudeste da Polónia (Łuczaj et al., 2014) reportou níveis elevados de açúcares, com 3.2% para *A. pseudoplatanus* e 2.6% para *B. pubescens*. Caso se registem níveis semelhantes em Portugal, a transformação em xarope seria economicamente viável, uma vez que seria superior à média encontrada nas populações norte-americanas do género *Acer* – 2 a 2.5% (Heiligmann, 2022).

## Silvicultura

As seguintes medidas de silvicultura são focadas nas duas espécies nativas com mais potencial para este PFNL: padreiro (*A. pseudoplatanus*) e bidoeiro (*B. pubescens*). Para ambas as espécies, Portugal representa uma margem da distribuição, ou seja, as regiões portuguesas onde as podemos encontrar reúnem condições mais próximas do limite que podem tolerar. Desta forma, as práticas silviculturais listadas a seguir teriam de ser testadas e otimizadas nas nossas condições edafo-climáticas antes de serem recomendadas e postas em prática.

A viabilidade de outras espécies para a produção de seiva (em quantidade e concentração de açúcar) pode ser avaliada seguindo o mesmo método que

para a *Acer saccharum* (Houston et al., 1990; Perkins et al., 2022; USDA, 1974), a principal espécie a nível global.

## Tipos de povoamento

O padreiro é tipicamente encontrado em povoamentos mistos, tanto com folhosas como com resinosas (Hein et al., 2008; Iliev et al., 2022). É recomendada a mistura com espécies que partilhem a mesma dinâmica de crescimento e condições ambientais, em particular o freixo (Hein et al., 2008; Iliev et al., 2022). Até atingir a idade de produção de seiva, o povoamento pode ser tendencialmente convertido para uma monocultura; alguns autores recomendam a manutenção de cerca de 25% de área basal de outras espécies no povoamento (Parker et al. 2008, citado em Isselhardt et al. 2022).

O bidoeiro é mais compatível com povoamentos puros, mas é comum de encontrar povoamentos mistos com pinheiro (Dubois et al., 2020).

## Técnicas de intervenção produtiva

A fim de maximizar a quantidade de seiva produzida e a concentração de açúcar em cada árvore, foram encontradas três variáveis da árvore (para *A.*

*saccharum*) com relação positiva estatisticamente significativa (Houston et al., 1990): i) incremento anual de diâmetro do tronco, ii) diâmetro da copa e iii) altura da copa (altura total – altura da base da copa). As práticas silvícolas a seguir procuram melhorar o povoamento nesse sentido.

### *Densidade*

Para minimizar a competição entre copas e permitir o desenvolvimento das copas das árvores selecionadas, o povoamento deve culminar numa densidade reduzida. Para *A. saccharum*, Houston et al. (1990) recomenda como densidade final cerca de 158 árv/ha, e Smallidge et al. (2022) indica uma densidade final de cerca de 100-300 árv/ha; o compasso inicial de plantação sugerido é entre 2.4 x 2.4 metros (1736 plantas/ha) e 4.8 x 4.8 metros (434 plantas/ha).

Para o bidoeiro, na Galiza (gerido para produção de lenho), foi recomendada um compasso inicial de plantação de 3 x 3 metros (1111 plantas/ha) e uma densidade final de 300 árv/ha (Alvaréz Alvaréz et al 2000 em Gómez-García et al. 2014). Para a produção de seiva, é possível que a densidade final seja menor.



Figura 2 - Povoamento de bidoeiro com (na maioria) fuste único, direito e limpo. Dado o adensamento e contacto das copas, é recomendável um desbaste (pelo menos para produção de seiva). Kirov, Rússia © Evgenij Karepanov, licença CC0 via Pexels.com

### *Limpezas e desramas/podas (formação e manutenção)*

As podas, quando necessárias, procuram desenvolver árvores com as seguintes características (Smallidge et al., 2022): i) um único fuste desprovido de ramos até aos 2.5 m; ii) Copa equilibrada, podando ou reduzindo ramos laterais que compitam com o fuste central; iii) Em caso do ápice ser danificado ou destruído, podar junto a um nó com par de ramos laterais, selecionando apenas um destes como novo ápice.

### *Desbastes*

Deve ser efetuado um desbaste sempre que se verifica competição entre copas. Procura-se reter as árvores dominantes com boas

condições fitossanitárias e com as características indicadas anteriormente, com copas grandes e largas, bem como com elevados valores de concentração de açúcar na seiva – verificar os métodos de amostragem na bibliografia (Heiligmann et al., 2006; Houston et al., 1990; USDA, 1974). O desbaste não deve ser demasiado extenso e as árvores a reter devem distanciar-se aproximadamente segundo o compasso final definido (Houston et al., 1990).

Para o bidoeiro, o desbaste assume uma maior importância. Como se trata de uma espécie de crescimento inicial muito rápido e senescência a partir dos 50-60 anos, num povoamento de idade homogênea o desbaste deve ser

efetuado assim que se verificar competição entre copas, pois quanto mais tarde for feito o desbaste, menores são os ganhos de produtividade das árvores retidas (Dubois et al., 2021) – o incremento médio anual de altura é máximo nos primeiros 20 anos (Dubois et al., 2020). Na Galiza, a recomendação para o primeiro desbaste é aos 2-3 anos e o segundo aos 10-15 anos (Alvaréz Alvaréz et al. 2000 em Gómez-García et al. 2014).

## Sistemas de Silvicultura

### *Condução do povoamento (Corte raso, 'Shelterwood', Talhadia, etc)*

A condução faz-se por corte raso. Dentro das espécies principais, sabe-se que o padreiro responde bem à talhadia (Hein et al., 2008), no entanto a indústria da seiva não recomenda utilizar árvores regeneradas desta forma para a produção deste PFNL (Heiligmann et al., 2006).

Por causa de fatores ainda a apurar, o padreiro raramente forma povoamentos puros (Merton, 1970 em Iliev et al., 2022). Por isso, ao gerir em povoamento misto, devem ser considerados outros sistemas de condução do povoamento; ver por exemplo o “Coppice with standards” (Nicolescu et al., 2018).

### *Horizonte de planeamento*

Para definir um horizonte, os povoamentos conduzidos para produção em alto fuste de lenho de boa qualidade são um bom ponto de partida. Para o padreiro as recomendações rondam os 75 anos (Hein et al., 2008; Iliev et al., 2022) e para o bidoeiro não devem ultrapassar os 60-70 anos (Dubois et al., 2020).

## Compatibilidades e Compromissos com Outros Produtos Florestais

Há alguns *tradeoffs* expectados ao otimizar um povoamento para a produção de seiva e lenho, comparado com a mesma espécie somente para produção de lenho.

A densidade do povoamento maturo será menor para a produção de seiva, a fim de maximizar o tamanho da copa e, por conseguinte, a produção de reservas de açúcar no verão, as quais se traduzem em seiva no ano seguinte (Houston et al., 1990; USDA, 1974). A densidade final indicada para a *A. saccharum* para produção de seiva é de 158 árv/ha (Houston et al., 1990), e para o padreiro é de 75 árv/ha para produção de lenho de qualidade (Iliev et al., 2022). No entanto, devido ao maior número de horas diárias de sol e temperaturas mais

elevadas, estes pormenores poderão variar consideravelmente para Portugal.

A extração de seiva envolve a perfuração do lenho, feridas estas que a árvore sara em 2-3 anos, pelo que ao longo da exploração uma árvore é perfurada múltiplas vezes (Houston et al., 1990). Estas feridas podem resultar em infeções ou descolorações do lenho e resultar em material metálico embutido, desvalorizando-o para serração – como medidas de mitigação sugerem-se utilizar bicas (de extração da seiva) feitas em plástico, fixar equipamento com pregos de alumínio (em vez de ferro) e a serração processar os troncos a partir da base (Sendak et al., 1982), o que permite separar o toro desvalorizado do resto do lenho.

O método de recolha da seiva pode gerar incompatibilidades adicionais: o padrão actual da indústria, com tubos de extração, é colocado acerca de 1.5-2 m acima do solo, o que é incompatível com a maioria da mecanização florestal (Isselhardt et al., 2022). A utilização deste método, que reduz consideravelmente o recurso a mão-de-obra, deve ser ponderado a fim de minimizar conflitos com outros usos do solo; em terrenos mais acentuados, a produção por tubos funciona simplesmente por gravidade, o que é uma mais valia.

## Fileira

### Descrição da atividade exploratória e de transformação

A campanha da seiva é curta, durando cerca de 60 dias nas regiões norte-americanas produtivas (Kurokawa et al., 2023), com as árvores a produzir sobretudo após dias consecutivos de temperaturas negativas, idealmente após o descongelamento da neve, seguido de dias com flutuação diária entre temperaturas negativas ( $> 0^{\circ}\text{C}$ ) de noite e positivas durante o dia. Mais concretamente, Skinner et al. (2010) especifica dias com Temperatura mínima abaixo de  $-1.1^{\circ}\text{C}$  e Temperatura máxima acima de  $2.2^{\circ}\text{C}$ . Por outro lado, se durante a campanha surgirem dias de maior calor, com máximas acima dos  $15.6^{\circ}\text{C}$ , a campanha poderá ficar arruinada devido ao crescimento microbiano fermentar a seiva e entupir as bicas na árvore (Perkins et al., 2022). Após despontarem os gomos das folhas, a produção deve cessar, tanto pela diminuição de produtividade como pela alteração do paladar da seiva (van den Berg et al., 2022).

A instalação das bicas deve ser realizada poucos dias antes da árvore começar *de facto* a produzir, para recolher a seiva

mais concentrada. Para isso, é exigido ao produtor uma prontidão de resposta às previsões meteorológicas (Perkins et al., 2022). A seiva tem várias formas de comercialização, p.ex. em bruto ou concentrada em xarope (van den Berg et al., 2022). O diâmetro mínimo recomendado para iniciar a produção é de 22 a 30 cm DAP no caso da *A. saccharum* (Perkins et al., 2022) e de 20 cm DAP no caso da *B. papyrifera* no Alaska.

### Técnicas de colheita/extração

A técnica padrão de extração é o recurso a máquinas manuais com brocas com cerca de 8 mm, furando cerca de 2.5-5cm profundidade e em ângulo ascendente, cerca de  $10^{\circ}$  em relação à perpendicular (Perkins et al., 2022). As técnicas de colheita da seiva são variadas, desde sistemas mais simples (um pouco semelhante à colheita de resina), com um balde pendurado numa bica, até aos sistemas industriais com tubagens instaladas em cada árvore (por vezes ligado a uma bomba de vácuo) para minimizar a mão-de-obra; ver mais detalhes na bibliografia para as espécies dos géneros mais exploradas, *Betula* e *Acer* (Helfferich, 2004; Perkins et al., 2022).

### Condições de escoamento

No caso da seiva natural, a sua comercialização requer cuidados sanitários de forma a evitar a sua contaminação por microrganismos, uma vez que é um produto perecível. Por isso, recomenda-se a adoção de métodos assépticos de extração, armazenamento e conservação da seiva (Morselli & Whalen, 1991). Sendo este um produto-nicho mais vocacionado para o consumidor que procura soluções naturais para fins medicinais, a pasteurização é de evitar, sendo preferível outro tipo de medidas como a esterilização por luz UV.

No caso do xarope, é importante salientar a elevada exigência de seiva para obter este produto final: com a seiva mais açucarada das espécies norte americanas de *Acer*, reportam uma média de 40 litros de seiva para um de xarope (2.5% concentração), enquanto para o xarope de *Betula* a proporção chega a ser de 100:1 (Humphrey, n.d.). O elevado gasto energético traz como vantagem um produto com elevado tempo de prateleira, desde que sejam atingidos os  $\sim 66-67$  graus *brix* (Helfferich, 2004).

## Limitações à sua adoção

Sendo esta uma fileira sem qualquer representatividade atual ou histórica em Portugal, e também reduzida na Europa, a sua implementação necessita de vários ensaios e investigações nacionais a fim de confirmar a sua viabilidade e otimizar os meios de produção.

A principal limitação é o pouco conhecimento da produção das espécies florestais com maior potencial, bem como as suas limitadas áreas de distribuição. O potencial desta fileira somente poderá ser investigado se a área nacional ou ibérica com as condições necessárias for economicamente viável. Ao mesmo tempo, são essenciais estudos de prospeção da quantidade e concentração (de açúcares) da seiva em povoamentos nacionais existentes.

No caso da seiva de espécies sem consumo prévio reportado, a União Europeia poderá considerar os produtos daí derivados como ‘produtos inovadores’ e requerer a submissão de um pedido de autorização que envolve custos de dezenas de milhares de euros (Prokofieva et al., 2019), o que poderá ser impeditivo para o lançamento de projetos de inovação; esta questão não se

coloca para seiva de *A. Pseudoplatanus* (ver usos históricos na UE em Svanberg et al., 2012) nem para seiva de *B. pubescens* (atualmente comercializada ao natural na UE).

Por fim, as incompatibilidades com outros usos da parcela no sistema mais intensivo, extração por tubos, pode tornar desinteressante este modelo de negócio se a produção não for economicamente viável através do método mais simples, extração com bicas.

Posto isto, a larga experiência de Portugal com o sector da resina – com técnicas de extração semelhantes - pode ser uma mais-valia para o potencial desta indústria, cujas épocas de exploração de ambos estes PFNL poderão ser compatíveis – seiva com uma campanha a rondar os 60 dias após descongelação (Kurokawa et al., 2023) e a resina com maior incidência entre maio e novembro (em regiões de quota mais elevada).

## Área com potencial produtivo para prospeção

Com o objetivo de disponibilizar aos leitores dados substanciados da potencialidade desta indústria em Portugal, fez-se o exercício de

mapear as áreas com maior potencial para produção de seiva, por cada espécie (*A. pseudoplatanus* e *B. pubescens*). O mapeamento consiste em dois fatores principais: i) condições de crescimento da espécie; ii) condições climáticas para produção de seiva.

Para mapear as condições de crescimento, foram analisadas as várias condições bioclimáticas listadas nas Fichas de Caracterização Ecológica sobre os tipos de habitat do Anexo I (ALFA, 2004), complementado com o livro “A vegetação de Portugal” (Flor et al., 2021), donde se retiraram informações sobre os sectores biogeográficos, quotas de elevação, solos, e ombrótipos e termótipos – ver definições em Rivas-Martínez et al. (2011) - em que ocorre cada habitat nos quais se encontram as

espécies-alvo (Tabela 1). As variáveis Termótipo, relacionadas com a temperatura média anual, e Ombrótipo, relacionada com a precipitação anual (e ajustadas com outros fatores), foram adotadas de Monteiro-Henriques et al. (2016). Quanto à quota, que tem relação positiva com a continentalidade (amplitude anual da temperatura), há dois níveis de grande importância para a análise do macrobioclima mediterrânico em Portugal, baseados na realidade transmontana: a Terra Quente distingue-se da Terra de Transição nos 400 metros de altitude, e esta última da Terra Fria a partir dos 700 metros (AGROCONSULTORES & COBA p.11, 1991); os dados da quota partiram de Gonçalves &

Pinhal, (n.d.) que utilizou dados do ASTER-GDEM de resolução 25 m (Japan Space Systems, n.d.). Outra forma de integrar a quota na análise bioclimática é através do índice de continentalidade compensado pela altitude, em que se soma ao índice simples (Monteiro-Henriques et al., 2016) 0.6% da altitude em metros (Rivas-Martínez et al., 2011). Importa também frisar que, como a extração de seiva depende da disponibilidade hídrica da planta, fez-se uma análise cuidada quanto às alterações climáticas: dos dados de Monteiro-Henriques et al. (2016), quando disponível múltiplas alternativas, adotou-se sempre a versão baseada nos critérios de 2007 por serem estes

os mais conservadores em termos de ombrótipo.

Para mapear as condições climáticas para produção de seiva, parte-se do princípio que em Portugal não ocorrem dias com temperatura máxima negativa. Por isso, para detetar locais onde ocorra a desejada flutuação diária de temperaturas, utilizou-se como indicador a média da temperatura mínima do mês mais frio (“m”), uma variável que, quando inferior a zero ( $m < 0$  °C), garante a formação de geadas e sugere a ocorrência regular de neve – território “subgélido” (Rivas-Martínez et al., 2011) - este indicador também foi obtido de Monteiro-Henriques et al. (2016).

Espécie	Habitats	Subtipo	Termótipo	Ombrótipo	Quota	Solos	Outras condições
B. pubescens	9230	1 - Carvalhais de <i>Q. robur</i>	Termotemp. a Supratemp.	Sub-húmido a Hiper-húmido	N.E.	Calcífuga	-
		2 - Carvalhais estremes de <i>Q. pyrenaica</i>	Mesomedit. a Supramedit.	Sub-húmido a Hiper-húmido	> 450-700 m	Calcífuga	-
	91E0	2 - Bidoais ripícolas	N.E.	N.E.	> 700 m	N.E.	Margens de cursos de água permanentes em montanha
A. pseudoplatanus	9160	1 - Carvalhais mesotróficos de <i>Q. robur</i>	N.E.	N.E.	N.E.	Profundos e frescos	Exclusivo do Sector Galaico-Português
		2 - Aveleirais ( <i>Corylus avellana</i> )	N.E.	N.E.	N.E.	Profundos e frescos	Quase exclusivo do Sector Galaico-Português

Tabela 1 - Características dos habitats nos quais ocorrem as espécies-alvo - *B. pubescens* e *A. pseudoplatanus*; "N.E." - Não especificado; dados segundo ALFA (2004)

Para testar empiricamente o modelo, foram sobrepostas, para Portugal Continental, as observações relatadas desde 1950 disponíveis no GBIF e excluindo pontos a menos de 2 km do centróide do país (ver base de dados derivada em Lima, 2024); para o género *Betula* incluiu-se na análise a *B. pendula*, espécie alóctone no país e nativa de Espanha, devido ao elevado número de observações (43 contabilizadas), as quais poderão resultar de erros de identificação ou representar indivíduos escapados de cultivo.

Este tipo de mapeamento tem por base a aptidão fitossociológica, o que pode não corresponder totalmente às preferências de crescimento da espécie; a utilidade maior deste exercício é **identificar onde as espécies não podem ocorrer de todo & localizar áreas onde a produção de seiva será mais provável**. Uma análise mais aprofundada deve ser realizada posteriormente, assim como a execução de ensaios experimentais da produção de seiva em Portugal.

Pegando em todas estas variáveis e intervalos favoráveis à comunidade fitossociológica no qual cada espécie-alvo surge naturalmente, foram calculadas variáveis booleanas e, seguidamente, preparados mapas com categorias 0 a 3 ou 0 a 4.

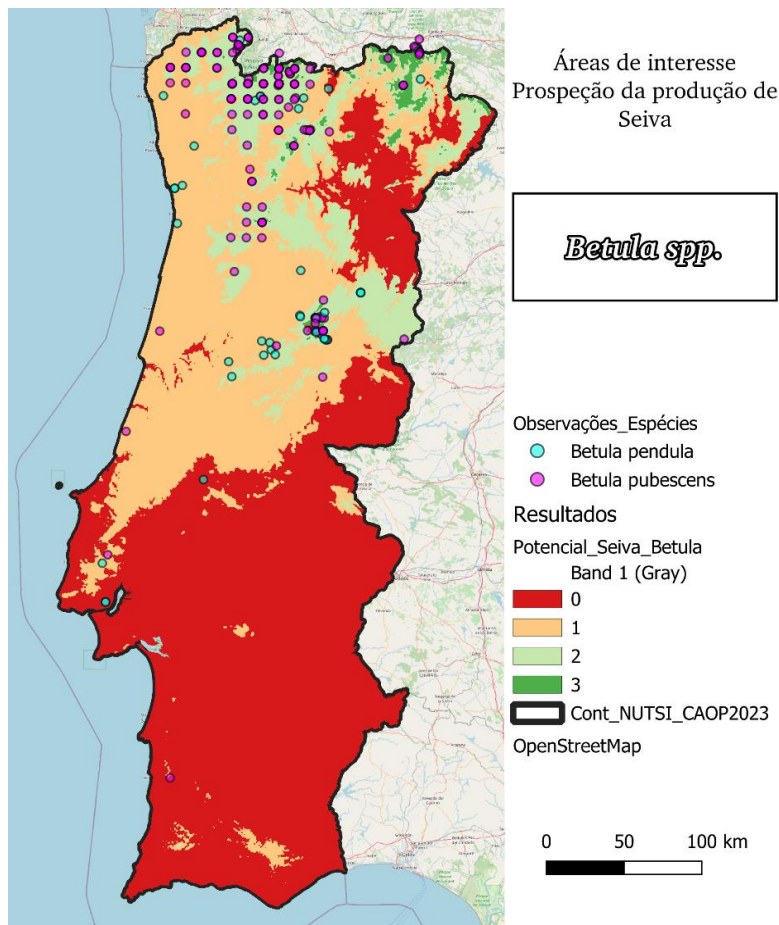


Figura 3 - Mapa da distribuição da área com potencial bioclimático para a produção de seiva em Portugal continental com o género *Betula*, com níveis de 0-3. Os pontos representam as observações das espécies *B. pubescens* (nativa) e *B. pendula* (alóctone) (Lima, 2024)

### Bidoeiro – *B. pubescens*

Para esta espécie há dois habitats, com um deles dividido em dois subtipos (ALFA, 2004). Para o habitat 91E0 – “Florestas aluviais de *Alnus glutinosa* e *Fraxinus excelsior* (...)” – sabe-se que depende principalmente de cursos de água permanentes e em troços declivosos. Por ser mais difícil

determinar a área compatível com estas condições, e por representar povoamentos do Domínio Público Hídrico, este habitat não foi analisado.

No habitat 9230 - Carvalhais galaico-portugueses de *Quercus robur* e *Quercus pyrenaica* – o bidoeiro é encontrado em ambos os subtipos, um mais oceânico e outro mais continental, nos quais

Tabela 2 - Equações (1) e (2), que descrevem o potencial bioclimático de *B. pubescens* para produção de seiva em macrobioclíma oceânico e continental, respetivamente, em que: “Potencial” – Potencial da espécie para produção de seiva; “Bp” - *B. pubescens*; “ocean.” – oceânico; “conti.” – continental; “termotemp.” – termotemperado; “supratemp.” – supratemperado; “subhum.sup.” – subhúmido superior; *Icc* – Índice de continentalidade compensado pela altitude; *m* – média da temperatura mínima do mês mais frio; *q* – quota/altitude. Adaptado de ALFA (2004)

$$\text{Potencial (Bp ocean.)} = \text{Termótipo}(\text{termotemp. a supratemp.}) * \quad (1)$$

$$* \text{ Ombrótipo}(> \text{ subhum.sup.}) * [(Icc > 14) + (m < 0^\circ\text{C}) + 1]$$

$$\text{Potencial (Bp conti.)} = \text{Termótipo}(\text{mesomed. a supramed.}) * \quad (2)$$

$$* \text{ Ombrótipo}(> \text{ subhum.sup.}) * [(q > 700 \text{ m}) + (m < 0^\circ\text{C}) + 1]$$

os termótipos compatíveis são muito distintos entre si. Por isso, foram preparados dois mapas distintos e, posteriormente, em cada *pixel* assumiu-se o maior valor entre as duas versões. As equações aplicadas constam na Tabela 2.

O mapa resultante consta na Figura 3. Na equação (1) para os habitats mais oceânico, adotam-se os valores  $Icc > 14$  por este valor marcar o último nível oceânico (euoecânico), uma vez que, neste macrobioclíma, o fator teoricamente mais importante para a potencial produção de seiva é a continentalidade (a amplitude térmica); o aumento de precipitação resultante do aumento da altitude, em teoria, não é crítico neste macrobioclíma, uma vez que o período de seca estival é menos intenso. Para o habitat de maior continentalidade,

esse fator já está representado no termótipo, adotando-se então a quota  $> 700$  metros na equação (2).

Na prática, o nível 1 corresponde apenas aos termótipo e ombrótipo compatíveis, o nível 2 soma ao anterior a quota  $> 700$  metros ou o  $Icc > 14$ , e para o nível 3 soma ainda a variável  $m < 0^\circ\text{C}$ .

Ao comparar os resultados obtidos com as observações (*B. pubescens* com 150 e *B. pendula* com 43), constata-se uma grande influência da quota, pelo que se recomenda prospetar povoamentos acima da quota dos 700 m, correspondente aos níveis 2 ou 3 da Figura 3.

### Padreiro – *A. pseudoplatanus*

Para esta espécie há um habitat onde esta pode surgir, o 9160 -

Carvalhais pedunculados ou florestas mistas de carvalhos e carpas subatlânticas e médio-europeias da *Carpinion betuli* – que inclui dois subtipos; em ambos reportam o padreiro (ALFA, 2004). Infelizmente, os únicos critérios indicados são a preferência biogeográfica pelo Sector Galaico-Português (maioritariamente com clima temperado) e por solos profundos e frescos.

Fez-se uma primeira abordagem a favorecer o macrobioclíma temperado e a adicionar os mesmos fatores utilizados para caracterizar o bidoeiro no clima oceânico – o resultado da equação (3) é apresentado na Figura 4.

Neste mapa da Figura 4, o nível 1 corresponde ao macrobioclíma temperado, ao nível 2 soma-se o  $Icc$  entre 14 e 21 (valores

Tabela 3 - Equação (3) que corresponde à primeira tentativa para descrever o potencial bioclimático de *A. pseudoplatanus* para produção de seiva (de 0-3), em que: “Ap” – *A. Pseudoplatanus*; “MacroTemp” – Macrobioclíma Temperado; *Icc* – Índice de continentalidade compensado pela altitude; *m* – média da temperatura mínima do mês mais frio. Adaptado de ALFA (2004)

$$\text{Potencial(Ap.)} = \text{MacroTemp} * [(14 < Icc < 21) + (m < 0^\circ\text{C}) + 1] \quad (3)$$

associados às classificações “eucoceânica” e “semicontinental”, mais intermédias) e para o nível 3 soma ainda  $m < 0$  °C – quase inexistente, por esta ocorrer em maiores quotas, logo maior  $I_{cc}$ .

Ao analisar as observações na Figura 4, percebe-se que uma elevada porção das observações estão fora do macrobioclima temperado, algumas das quais mesmo em clima de maior influência mediterrânica (Trás-os-Montes e Beira Interior). Por isso, foi tentada uma nova equação que priorize o ombrótipo (associado à disponibilidade de água) e substitui o  $I_{cc}$  pela quota; por não ser esta uma espécie associada a alta montanha, selecionou-se o intervalo de quota 400-1000 m, que demarca em Trás-os-Montes a Terra de Transição até à Terra Fria de Planalto (AGROCONSULTORES & COBA p.11, 1991).

Estas novas alterações estão sintetizadas na equação (4), e resultou no mapa da Figura 5. Agora com 4 níveis, constata-se que a maioria das 423 observações ficaram representadas pelo menos no nível 1, associado ao

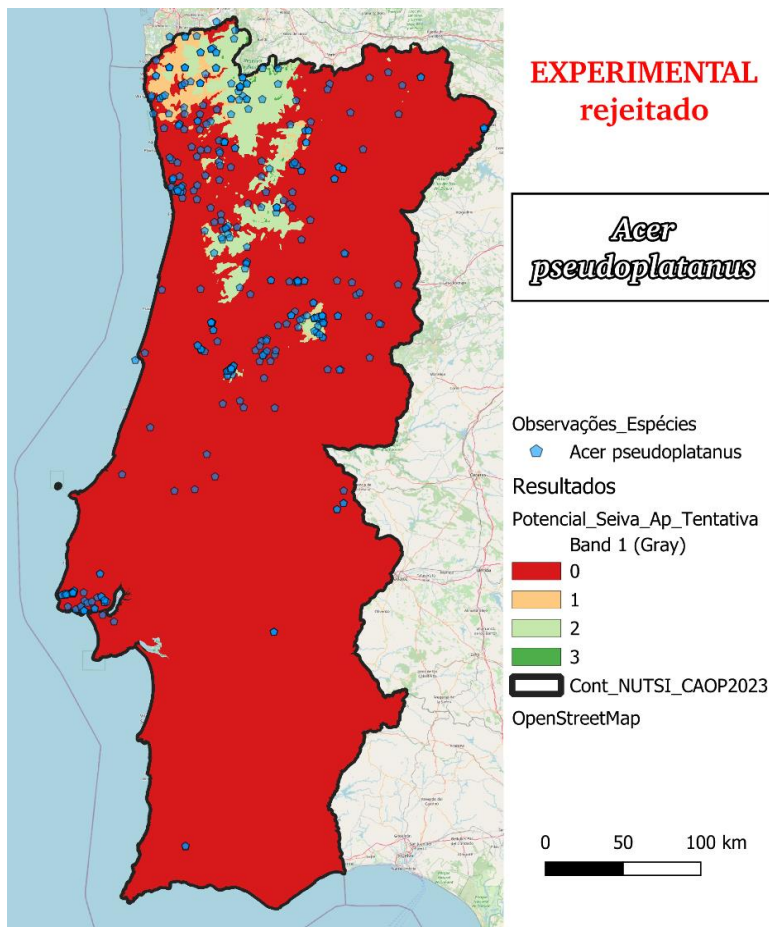


Figura 4 – Mapa da **primeira tentativa** de modelação da distribuição da área com potencial bioclimático para a produção de Seiva em Portugal continental com *A. Pseudoplatanus*, com níveis de 0-3. Os pontos representam as observações da espécie *A. pseudoplatanus* (Lima, 2024)

Ombrótipo, o que é positivo. O nível 2 resulta ou da quota ou do macrobioclima temperado e o nível 3 da interação destes dois e/ou da soma da variável  $m < 0$  °C;

o nível 4 agrega todas as variáveis, o que é quase inexistente no mapa obtido.

Para esta espécie, conclui-se que a melhor área a prospectar

Tabela 4 - Equação (4) que descreve o potencial bioclimático de *A. pseudoplatanus* em macrobioclima oceânico e continental, respetivamente, em que: “Potencial” – Potencial da espécie para produção de seiva; “Ap” – *A. pseudoplatanus*; “subhúm.sup.” – subhúmido superior;  $q$  – quota/altitude; “MacroTemp” – Macrobioclima Temperado;  $m$  – média da temperatura mínima do mês mais frio. Adaptado de ALFA (2004)

$$\text{Potencial}(\text{Ap.}) = \text{Ombrótipo}(> \text{subhúm. sup.}) * [(400 < q < 1000) + \text{MacroTemp} + (m < 0^\circ\text{C}) + 1] \quad (4)$$

corresponde ao nível 3 da Figura 5 (pela quase inexistência do nível 4), com a ressalva da necessidade de averiguar experimentalmente a dependência (ou não) de um período com neve para ser possível extrair seiva em quantidades economicamente viáveis. Em caso positivo, seria necessária uma análise das condições climáticas ao nível local, com maior resolução.

## Conclusão da análise

Esta análise foi realizada adotando dados conservadores, de forma a identificar as áreas com o maior potencial para a instalação de ensaios-piloto. Caso se confirme a aptidão produtiva por experimentação, mais estudos serão necessários para apurar, em maior detalhe, a área compatível com a exploração deste PFNL; para além das áreas identificadas pelos modelos (Figura 3 e Figura 5), como as quotas mais elevadas da Serra do Gerês, Serra do Barroso, Serra de Montesinho, Serra da Nogueira e Serra da Estrela, na prática outras localidades onde ocorre regularmente queda de neve terão um semelhante potencial (teórico) produtivo. Das duas espécies, o bidoeiro (*B. pubescens*) apresenta a maior preferência por habitats de alta montanha e/ou com neve.

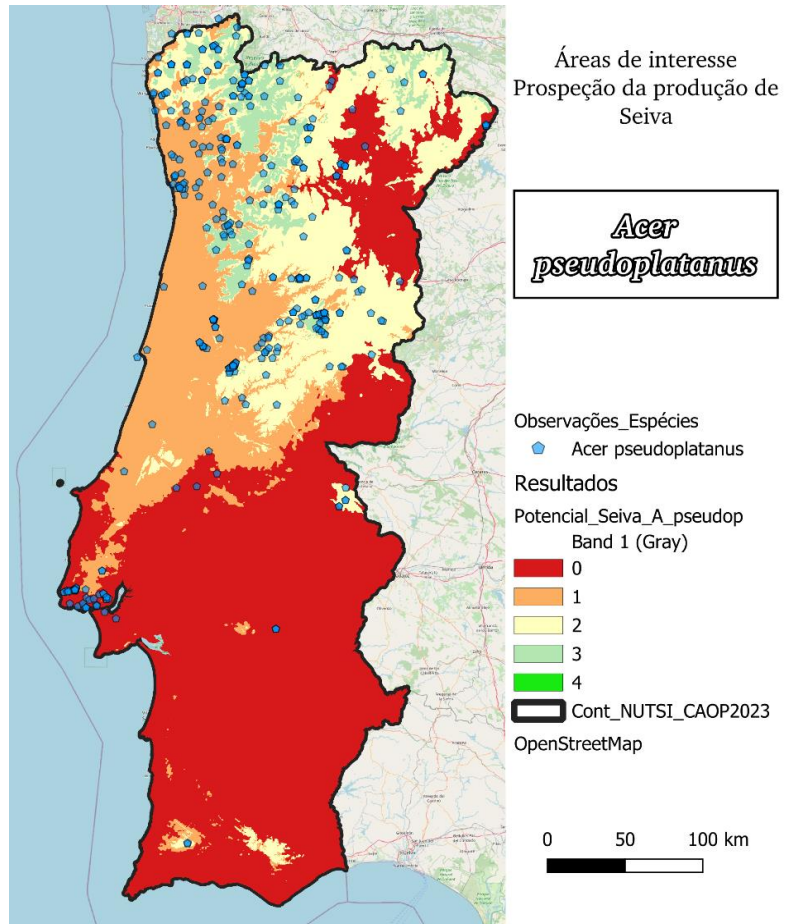


Figura 5 - Mapa da distribuição da área com potencial de *A. pseudoplatanus* para a produção de Seiva em Portugal continental, com níveis de 0-4. Os pontos representam as observações da espécie *A. pseudoplatanus* (Lima, 2024)

A reflorestação com bidoeiro e com padroeiro é neste momento favorecida pela lei: no âmbito da Silvicultura preventiva e restauro pós-fogo, está estabelecido na alínea 5 do Art. 44º do Decreto-Lei nº 82/2021, de 13 de outubro, que “deve ser favorecida a constituição de povoamentos de espécies arbóreas caducifólias ou de espécies com baixa

inflamabilidade e combustibilidade” – onde se incluem as duas espécies aqui analisadas. Sendo o bidoeiro também uma espécie ripícola, é igualmente relevante a alínea 4 do mesmo Decreto-Lei. Acresce que, em áreas onde a modelação identificou maior potencial, como o Parque Natural do Montesinho, há uma reduzida disponibilidade

de outras espécies florestais de crescimento rápido; a replantação de espécies resinosas como o *Pinus sylvestris* tem sido restringida por motivos de defesa da floresta contra incêndios. Esta situação representa uma oportunidade acrescida para testar a viabilidade económica da silvicultura de espécies de folha caduca como as aqui detalhadas.

Para Portugal continental, algumas hipóteses importantes a testar experimentalmente são: (i) se é suficiente, para qualquer uma das espécies, a inversão diária da temperatura, sem queda de neve; (ii) como responde cada espécie a episódios de seca quanto à quantidade e qualidade da seiva produzida; (iii) se a taxa de crescimento da árvore é afetada pela extração de seiva, em particular em anos de seca.

Com esta análise, espera-se despertar o interesse em realizar ensaios experimentais e, caso o potencial deste PFNL se confirme, que a silvicultura de alguma destas espécies se torne economicamente mais interessante num sistema de usos múltiplos, através do binómio seiva:madeira.

## EXTRA: Caso de sucesso

Após a redação deste capítulo, chegou até aos autores a

informação de um caso de sucesso com produção de seiva de bidoeiro em 2022, com 20 árvores num povoamento puro do Parque Nacional Peneda-Gerês, a cerca de 600 m altitude acima do nível médio das águas do mar, num local com ausência de neve e fraca ocorrência de geadas. Ao longo de 23 dias (desde 27 de fevereiro a 19 de março), verificou-se uma média de produção de três litros por árvore e por dia. Este valor inclui várias perdas devidas a estragos com gado caprino e devido a alguns indivíduos terem excedido os cinco litros de capacidade dos reservatórios utilizados.

Os responsáveis deste caso de sucesso tinham como objetivo uma pequena produção de xarope de bétula, experiência essa que foi bem-sucedida, com um rendimento aproximado de 100 litros seiva para um litro de xarope – semelhante ao reportado no Alasca em Helfferich (2004). Um problema que enfrentaram no final da extração foi a fermentação da seiva no próprio reservatório, o que poderá dever-se ao aumento da temperatura do ar (fim de março) e ao brotar das folhas anuais, em concordância com Perkins et al. (2022) e van den Berg et al. (2022) respetivamente.

Esta informação é muito animadora para a potencialidade da exploração de seiva em

Portugal, pelo menos de bidoeiro, mesmo sem o requisito teórico da inversão diária da temperatura. A investigação deste potencial será aprofundada na tese de doutoramento em curso do autor Tiago Lima (Figura 6) no Centro de Estudos Florestais, com orientação das investigadoras Margarida Tomé e Iryna Skulska.



Figura 6 - Inventário florestal de uma parcela candidata de bétulas para o ensaio de produção de seiva no âmbito da tese de doutoramento de Tiago Lima, em Paredes de Coura, em agosto 2024

## Bibliografia

- AGROCONSULTORES, & COBA. (1991). *Carta dos Solos, Carta do Uso Actual da Terra e Carta da Aptidão da Terra do Nordeste de Portugal - memórias*. <https://snisolos.dgadr.gov.pt/downloads>
- ALFA. (2004). *Tipos de Habitat Naturais e Semi-Naturais do Anexo I da Directiva 92/43/CEE (Portugal continental): Fichas de Caracterização Ecológica e de Gestão para o Plano Sectorial da Rede Natura 2000*.
- Cirelli, D., Jagels, R., & Tyree, M. T. (2008). Toward an improved model of maple sap exudation: the location and role of osmotic barriers in sugar maple, butternut and white birch. *Tree Physiology*, 28, 1145–1155.
- Contreras, R. N., & Shearer, K. (2018). Genome size, ploidy, and base composition of wild and cultivated *Acer*. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 143(6), 470–485. <https://doi.org/10.21273/JASHS04541-18>
- Dubois, H., Claessens, H., & Ligot, G. (2021). Towards silviculture guidelines to produce large-sized silver birch (*Betula pendula* roth) logs in western Europe. *Forests*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/f12050599>
- Dubois, H., Verkasalo, E., & Claessens, H. (2020). Potential of birch (*betula pendula* roth and *b. pubescens* ehrh.) for forestry and forest-based industry sector within the changing climatic and socio-economic context of western Europe. *Forests*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/f11030336>
- Flor, A., Pina, A. R., Mendes, C., Pinto-Cruz, C., Pinto-Gomes, C., Neto, C., Vila-Viçosa, C., Aguiar, C., Meireles, C., Santo, D. E., Dias, E., Portela-Pereira, E., Aguiar, F., Honrado, J., Fonseca, J. P., Capelo, J., Costa, J. C., Sequeira, M. M. de, Rodríguez-González, P. M., ... Silva, V. (2021). *A Vegetação de Portugal* (J. Capelo & C. Aguiar, Eds.; 1st ed.). Imprensa Nacional-Casa da Moeda, S.A. <https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/23344/1/A-Vegetacao-em-Portugal.pdf>
- Gómez, P. S., & Güemes, J. (2015). *Acer* L. In F. Muñoz, C. Navarro, A. Quintanar, & A. Buira (Eds.), *Flora Iberica: Vol. IX* (pp. 77–93). Real Jardín Botánico, CSIC. [http://www.floraiberica.es/floraiberica/texto/pdfs/09\\_113\\_01\\_Acer.pdf](http://www.floraiberica.es/floraiberica/texto/pdfs/09_113_01_Acer.pdf)
- Gómez-García, E., Crecente-Campo, F., Tobin, B., Hawkins, M., Nieuwenhuis, M., & Diéguez-Aranda, U. (2014). A dynamic volume and biomass growth model system for even-aged downy birch stands in south-western Europe. *Forestry*, 87(1), 165–176. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpt045>
- Gonçalves, J. A., & Pinhal, A. (n.d.). *DEM data for Portugal*. Ciimar - Coastal Monitoring and Management Group. Retrieved February 23, 2024, from <https://www.fc.up.pt/pessoas/jagoncal/dems/index.html>
- Grabek-Lejko, D., Kasprzyk, I., Zaguła, G., & Puchalski, C. (2017). The Bioactive and Mineral Compounds in Birch Sap Collected in Different Types of Habitats. *BALTIC FORESTRY*, 23(1). <https://www.researchgate.net/publication/312026635>

- Heiligmann, R. B. (2022). The Maple Resource. In T. D. Perkins, R. B. Heiligmann, M. R. Koelling, & A. K. van den Berg (Eds.), *North American Maple Syrup Production Manual* (3rd Edition, pp. 31–42). University of Vermont. <https://mapleresearch.org/pub/manual/>
- Heiligmann, R. B., Smallidge, P., Graham, G. W., & Chabot, B. (2006). Managing Maple Trees for Sap Production. In R. B. Heiligmann, M. R. Koelling, & T. D. Perkins (Eds.), *North American Maple Syrup Producers Manual* (Second, pp. 31–80). The Ohio State University Extension.
- Hein, S., Collet, C., Ammer, C., Goff, N. Le, Skovsgaard, J. P., & Savill, P. (2008). A review of growth and stand dynamics of *Acer pseudoplatanus* L. in Europe: Implications for silviculture. In *Forestry* (Vol. 82, Issue 4). <https://doi.org/10.1093/forestry/cpn043>
- Helfferich, D. (2004). *Birch: white gold in the boreal forest*. <http://hdl.handle.net/11122/2696>
- Houston, D. R., Allen, D. C., & Lachance, D. (1990). *Sugarbush Management: A Guide to Maintaining Tree Health*.
- Humphrey, D. (n.d.). *Educational Articles*. Retrieved January 20, 2023, from <http://www.birchboy.com/articles.html#excerpts>
- Iliev, N., Varbeva, L., & Alexandrov, N. (2022). Silvicultural aspects of the sycamore (*Acer pseudoplatanus* L.) propagation - Overview. *Silva Balcanica*, 23(1), 37–55. <https://doi.org/10.3897/silvabalcanica.22.e82756>
- Isselhardt, M., Cannella, M., van den Berg, A., & D’Amato, A. (2022). Foresters’ Approach to Sugarbush Management in the Northeast U.S. *Maple Syrup Digest*, 63(2), 17–27.
- Japan Space Systems. (n.d.). *ASTER-GDEM 25 meters*. Retrieved February 23, 2024, from [https://gdemdl.aster.jspacesystems.or.jp/index\\_en.html](https://gdemdl.aster.jspacesystems.or.jp/index_en.html)
- Johnson, R. W., Tyree, M. T., & Dixon, M. A. (1987). A Requirement for Sucrose in Xylem Sap Flow from Dormant Maple Trees’. *Plant Physiol*, 84, 495–500. <https://academic.oup.com/plphys/article/84/2/495/6082402>
- Kurokawa, S. Y. S., Weiss, G., Lapointe, D., Delgrange, S., & Rossi, S. (2023). Daily timings of sap production in sugar maple in Quebec, Canada. *International Journal of Biometeorology*, 67(1), 211–218. <https://doi.org/10.1007/s00484-022-02399-8>
- Leitch, I. J., Johnston, E., Pellicer, J., Hidalgo, O., & Bennett, M. D. (2019, April). *Angiosperm DNA C-values database*. Plant DNA C-Values Database. <https://cvalues.science.kew.org/>
- Lima, T. L. F. (2024). *Portugal’s species which Genus have reported Sap economic usage*. <https://doi.org/https://doi.org/10.15468/dd.sy7jq5>
- Łuczaj, Ł., Bilek, M., & Stawarczyk, K. (2014). Sugar content in the sap of birches, hornbeams and maples in southeastern Poland. *Central European Journal of Biology*, 9(4), 410–416. <https://doi.org/10.2478/s11535-013-0284-8>

- Merwin, H. E., & Lyon, H. (1909). Sap pressure in the Birch stem. *Botanical Gazette*, 48(6), 442–458.
- Monteiro-Henriques, T., Martins, M. J., Cerdeira, J. O., Silva, P., Arsénio, P., Silva, Bellu, A., & Costa, J. C. (2016). Bioclimatological mapping tackling uncertainty propagation: Application to mainland Portugal. *International Journal of Climatology*, 36(1), 400–411. <https://doi.org/10.1002/joc.4357>
- Morselli, M. F., & Whalen, M. L. (1991). Aseptic tapping of sugar maple (*Acer saccharum*) results in light color grade syrup. *Canadian Journal of Forest Research*, 21(7), 999–1005. <https://doi.org/https://doi.org/10.1139/x91-137>
- Nicolescu, V.-N., Carvalho, J., Hochbichler, E., Bruckman, V. J., Piqué, M., Hernea, C., Viana, H., Štochlová, P., Ertekin, M., Đodan, M., Dubravac, T., Vandekerkhove, K., Kofman, P. D., Rossney, D., & Unrau, A. (2018). Silvicultural Guidelines for European Coppice Forests. In A. Unrau, G. Becker, R. Spinelli, D. Lazdina, N. Magagnotti, V. N. Nicolescu, P. Buckley, D. Bartlett, & P. D. Kofman (Eds.), *Coppice Forests in Europe* (pp. 46–63). Albert Ludwig University Freiburg. <https://www.eurocoppice.uni-freiburg.de/intern/coppiceineurope-volume/coppiceforestsineurope-2-1-nicolescu-silvicultural-guidelines-sept2018.pdf>
- Perkins, T. D., van den Berg, A. K., Boutin, J., Childs, S., & Wilmot, T. R. (2022). Maple Sap Production—Tapping, Collection, and Storage. In T. D. Perkins, R. B. Heiligmann, M. R. Koelling, & A. K. van den Berg (Eds.), *North American Maple Syrup Production Manual* (3rd ed., pp. 101–172). University of Vermont.
- Perry, J. J., Nile, K., Martel, A., Fiore, M., Davis-Dentici, K., Hopkins, K., & Calder, B. (2020). Pasteurized and fermented beverages for valorization of maple sap. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(8). <https://doi.org/10.1111/jfpp.14623>
- Prokofieva, I., Bouriaud, L., Corradini, G., Górriz, E., Kouplevatskaya-Buttoud, I., & Nichiforel, L. (2019). Policy framework for NWFPs – demands and barriers. In B. Wolfslehner, I. Prokofieva, & R. Mavsar (Eds.), *Non-wood forest products in Europe: Seeing the forest around the trees. What Science can tell us* (Vol. 10, pp. 55–75). European Forest Institute.
- Rivas-Martínez, S., Rivas Sáenz, S., Penas, A., Alcaraz, F., Amigo, J., Asensi, A., Barbour, M., Biondi, E., Cantó, P., Capelo, J., Costa, J., Costa, M., del Arco, M., del Río, S., Díaz, T., Díez Garretas, B., Fernández-González, F., Gavilán, R., Gehú, J., ... Wildpret, W. (2011). Worldwide bioclimatic classification system. *Global Geobotany*, 1, 1–634. <https://doi.org/10.5616/gg110001>
- Sendak, P. E., Huyler, N. K., & Garrett, L. D. (1982). *Lumber Value Loss Associated with Tapping Sugar Maples for Sap Production*.
- Skinner, C. B., DeGaetano, A. T., & Chabot, B. F. (2010). Implications of twenty-first century climate change on Northeastern United States maple syrup production: Impacts and adaptations. *Climatic Change*, 100(3), 685–702. <https://doi.org/10.1007/s10584-009-9685-0>
- Smallidge, P. J., Isselhardt, M. L., D’Amato, A., Graham, G., Heiligmann, R. B., Van Den Berg, A. K., & Perkins, T. D. (2022). Sugarbush Management for Syrup Production and Forest Health. In T. D.

- Perkins, R. B. Heiligmann, M. R. Koelling, & A. K. van den Berd (Eds.), *North American Maple Syrup Producers Manual* (3rd ed., pp. 51–100). The University of Vermont and the North American Maple Syrup Council. <https://mapleresearch.org/manual/>
- Svanberg, I., Sõukand, R., Łuczaj, Ł., Kalle, R., Zyryanova, O., Dénes, A., Papp, N., Nedelcheva, A., Šeškauskaitė, D., Kołodziejska-Degórska, I., & Kolosova, V. (2012). Uses of tree saps in northern and eastern parts of Europe. In *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* (Vol. 81, Issue 4, pp. 343–357). Polish Botanical Society. <https://doi.org/10.5586/asbp.2012.036>
- Tyree, M. T. (1995). The Mechanism of Maple Sap Exudation. In M. Terazawa, C. A. McLeod, & Y. Tamai (Eds.), *Proceedings of the 1st International Symposium on Sap Utilization (ISSU)*. Hokkaido University Press. <https://www.researchgate.net/publication/283355568>
- USDA. (1974). *A Silvicultural Guide for Developing A Sugarbush*.
- van den Berg, A., Boutin, J., & Perkins, T. D. (2022). Maple Syrup Production. In T. D. Perkins, R. B. Heiligmann, M. R. Koelling, & A. van den Berg (Eds.), *North American Maple Syrup Producers Manual* (3rd ed., pp. 173–216). The University of Vermont and the North American Maple Syrup Council.
- Wheeler, E. A. (1981). Intervascular pitting in *Fraxinus americana* L. *IAWA Bulletin*, 2(4), 169–174. <https://www.researchgate.net/publication/239924713>
- Zajączkowska, U., Kaczmarczyk, K., & Liana, J. (2019). Birch sap exudation: Influence of tree position in a forest stand on birch sap production, trunk wood anatomy and radial bending strength. *Silva Fennica*, 53(2). <https://doi.org/10.14214/sf.10048>