



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



GEANE LOURENÇO BISPO

**FENOLOGIA E DESEMPENHO ECOFISIOLÓGICO DE *Vasconcellea quercifolia*
A.St.-Hill.**

Botucatu – SP

2020

GEANE LOURENÇO BISPO

**FENOLOGIA E DESEMPENHO ECOFISIOLÓGICO DE *Vasconcellea quercifolia*
A.St.-Hill.**

Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Horticultura), apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutora em Agronomia (Horticultura).

Orientador: Prof. Dr. João Domingos Rodrigues

Coorientador: Prof. Dr. Filipe Pereira Giardini Bonfim

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Cláudia Araújo Marco

Botucatu – SP

2020

B622f	Bispo, Geane Lourenço Fenologia e desempenho ecofisiológico de <i>Vasconcellea quercifolia</i> A.St.-Hill. / Geane Lourenço Bispo. – Botucatu, 2020 88 p. : il., tabs. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu Orientador: João Domingos Rodrigues Coorientador: Filipe P. Giardini Bonfim e Cláudia A. Marco 1. Fenologia. 2. Germinação. 3. Ecofisiologia. I. Título.
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: FENOLOGIA E DESEMPENHO ECOFISIOLÓGICO DE *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill.

AUTORA: GEANE LOURENÇO BISPO

ORIENTADOR: JOÃO DOMINGOS RODRIGUES

COORDENADORA: CLÁUDIA ARAÚJO MARCO

COORDENADOR: FILIPE PEREIRA GIARDINI BONFIM

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA (HORTICULTURA), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. JOÃO DOMINGOS RODRIGUES
Botânica / Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP

Prof.ª Dr.ª ELIZABETH ORIKA ONO
Botânica / Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP

Prof.ª Dr.ª MAGALI RIBEIRO DA SILVA
Ciência Florestal, Solos e Ambiente / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu - UNESP

Prof. Dr. LUIZ FERNANDO ROLIM DE ALMEIDA
Botânica / Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP

Prof.ª Dr.ª AMANDA CRISTINA ESTEVES AMARO BARON
/ Instituto Itapetiningano de Ensino Superior

Botucatu, 17 de julho de 2020

Ao meu esposo Ricardo, pela parceria, e
ao meu filho Miguel, pelos sorrisos de cada dia.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus pela vida, à minha família pela compreensão, apoio e incentivo oferecido durante toda essa caminhada. Um agradecimento todo especial, à minha mãe Maria Lourdes pelo constante incentivo, apesar da distância;

Ao Professor João Domingos Rodrigues, meu orientador, obrigado por sua paciência, incentivo e tecnicamente com seus grandes conhecimentos para que esse trabalho fosse realizado; agradeço também pelo apoio incondicional, compreensão e amizade. Minha gratidão à Professora Elizabeth O. Ono, por todo apoio durante esse percurso do Doutorado: meu coração lhe será sempre grato por cada gesto e cada contribuição nesta fase;

Agradeço ao Claudinho e à Professora Magali R. da Silva do Departamento de Engenharia Florestal, que com tão boa vontade, abriram espaço no viveiro de mudas e na casa de vegetação para que se tornasse possível parte desta pesquisa. Ao Professor Filipe P. Giardini Bonfim pelas importantes contribuições prestadas. À Professora Cláudia Araújo Marco pela sua constante disposição em ajudar e por sua valiosa amizade;

Agradeço à Jordany Aparecida de O. Gomes pelas importantes contribuições prestadas. Aos funcionários do Departamento de Horticultura e do Departamento de Botânica, em especial à Inara – pessoa admirável – pela competência e solicitude; agradeço também aos colegas do Laboratório de Fisiologia Vegetal II e aos demais colegas pela convivência, partilha e aprendizado;

Sempre grata ao meu esposo, companheiro e amigo Ricardo Braga, pelo apoio incondicional, pelo incentivo e por todos os momentos de aprendizado juntos;

À Nathalia, Príncilla e Isabelly que me acompanharam nos trabalhos de campo dando grande contribuição à pesquisa;

Obrigada às minhas amigas do coração, que estiveram comigo nesta caminhada e que apesar da distância estaremos sempre juntas: Josy, Denise, Samara, Karol, Edna e Jullyanna;

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela bolsa de estudo concedida e à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP – por abrir-me a oportunidade de ingressar neste Programa de Pós-graduação.

Gratidão

RESUMO

A espécie *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. apresenta grande importância ecológica, assim como importantes características fisiológicas de interesse ao melhoramento genético, como tolerância a baixas temperaturas e resistências a doenças que afetam o desenvolvimento de culturas da mesma família. Com isso, esta pesquisa teve o objetivo de avaliar o desempenho fenológico, reprodutivo e ecofisiológico da espécie, em sua população natural. O estudo foi desenvolvido na Fazenda Lageado, da Faculdade de Ciências Agronômicas e no Departamento de Botânica do Instituto de Biociências da UNESP – campus Botucatu – SP. Pelas visitas quinzenais observou-se alta sincronia e correlação entre os fenômenos avaliados, destacando a grande influência da radiação e temperatura para todas as fases (Capítulo I). A brotação tem início em setembro e se estende até dezembro, com pico em outubro. A floração iniciou-se em setembro, se estendendo até o mês de fevereiro, sendo que o pico da floração ocorre entre novembro e dezembro. A frutificação iniciou-se em outubro e teve pico entre dezembro e fevereiro e os últimos frutos foram observados em maio. A queda foliar inicia-se em dezembro perdendo 100% das folhas até o início do mês de junho e entra em repouso vegetativo até o final de agosto. No capítulo II são descritos o efeito de diferentes concentrações de ácido giberélico (GA_3) na germinação de sementes em câmara *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) e na emergência de plântulas em casa de vegetação. Para o teste de germinação em BOD, a maior concentração de GA_3 (500 mg L^{-1}) proporcionou 69,5% de germinação. Para a emergência de plântulas, GA_3 à 300 mg L^{-1} (T4) foi mais eficiente quanto ao índice de Velocidade de Emergência (IVE), proporcionando emergência de plântulas mais rápida e mais uniforme em relação aos demais tratamentos, promovendo também maior acúmulo de massa da parte aérea das plântulas, assim como das raízes. A espécie é considerada de alto poder germinativo, distribuído em longos períodos e bastante desuniforme. O capítulo III foi escrito a partir do comportamento da planta em relação às trocas gasosas e presença e atividade de enzimas antioxidantes, de acordo com a presença dos eventos fenológicos da espécie. As coletas foram realizadas a cada fenofase. As plantas apresentaram menor taxa de assimilação de CO_2 nas fenofases frutificação e queda foliar. As enzimas superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT) apresentaram maior atividade no período da brotação, resultando na menor concentração de H_2O_2 nesta fase. A peroxidação lipídica aumentou a cada

fenofase, registrando maior teor no período em que as plantas já se encontravam em uma escala avançada de queda foliar. As frequentes e distintas condições ambientais determinaram alterações nos mecanismos fisiológicos das plantas, causando reações no aparato fotossintético, assim como, no sistema antioxidante.

Palavras-chave: Evento fenológico. Germinação. Trocas gasosas. Bioquímica.

ABSTRACT

The species *Vasconcellea* A.St.-Hill. it presents great ecological importance, as well as important physiological characteristics of interest to genetic improvement, such as tolerance to low temperatures and resistance to diseases that affect the development of cultures of the same family. Thus, this research aimed to evaluate the phenological, reproductive and ecophysiological behavior of the species, in its natural population. The study was carried out at Farm Lageado, Faculty of Agronomic Sciences and Department of Botany, Biosciences Institute, UNESP - Botucatu campus - SP. In Chapter I, through biweekly visits, there was a high synchrony and correlation between the variable evaluated, highlighting the great influence of radiation and temperature for all phases. Sprouting begins in September and extends to December with a peak in October. Flowering started in September, extending until February, with peak flowering occurring between November and December. Fruiting started in October, peaked between December and February and the last fruits were seen in May. The leaf fall starts in December, losing 100% of the leaves until the beginning of June and enters vegetative rest until the end of August. In Chapter II, the effect of different concentrations of gibberellic acid (GA_3) on germination in Biochemical Oxygen Demand (BOD) and seedling emergence in the greenhouse of *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill was evaluated. For the BOD germination test, the highest concentration (500 mg L^{-1}) provided 69.5% of germination. For seedling emergence, the concentrations of the regulator did not differ, however 300 mg L^{-1} (T4) was more efficient in terms of the Emergency Speed Index (IVE), providing faster and more uniform seedling emergence in relation to the others. Treatments, also promoting greater accumulation of mass in the aerial part of the seedlings, as well as the roots. The species is considered to have high germinative power, distributed over long periods and quite uneven. Chapter III was written from the behavior of the plant in relation to gas exchange and the presence of antioxidant enzymes, according to the presence of the phenological events of the species. Collections were made at each phenophase. Plants showed a lower rate of CO_2 assimilation in fruiting and leaf fall phenophases. SOD and CAT had greater activity in sprouting, resulting in the lowest concentration of H_2O_2 in this phase. Lipid peroxidation increased with each phenophase, registering a higher content in the period when the plants were already in an advanced scale of leaf fall. The frequent and distinct environmental conditions

determined changes in the physiological mechanisms of the plants, causing reactions in the photosynthetic apparatus, as well as in the antioxidant system.

Keywords: Phenological event. Germination. Gas exchange. Biochemistry.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	15
CAPÍTULO 1 - FENOLOGIA VEGETATIVA E REPRODUTIVA DA ESPÉCIE NATIVA <i>Vasconcellea quercifolia</i> A. St. -Hill., EM FRAGMENTO DE FLORESTA, BOTUCATU - SP.....	18
1.1 INTRODUÇÃO.....	20
1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
REFERÊNCIAS	30
CAPÍTULO 2 - GERMINAÇÃO, VIGOR DE SEMENTES E DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS DE <i>Vasconcellea quercifolia</i>. A. St. -Hill. TRATADAS COM ÁCIDO GIBERÉLICO EM AMBIENTES DISTINTOS.....	34
2.1 INTRODUÇÃO.....	36
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	37
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
REFERÊNCIAS.....	50
CAPÍTULO 3 - DESEMPENHO ECOFISIOLÓGICO DA ESPÉCIE <i>Vasconcellea quercifolia</i> A. ST. -HILL.....	53
3.1 INTRODUÇÃO.....	55
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	57
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	61
REFERÊNCIAS.....	78
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	86
REFERÊNCIAS.....	87

INTRODUÇÃO GERAL

A espécie *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill., (mamãozinho-do-mato) pertence à família Caricaceae, é uma planta nativa do Brasil, apresentando registros de ocorrência natural nos estados de Goiás, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, sendo mais presente em regiões de maior altitude, principalmente, nos estados da Região Sul, crescendo preferencialmente em beira de córregos, várzeas e encostas úmidas, sendo pouco frequente no interior das matas sombrias (BRACK *et al.*, 2011).

Essa espécie caracteriza-se como caducifolia, dioica, heliófila de hábito arbóreo, podendo atingir porte de 4 a 8 metros de altura, sendo uma espécie pioneira. Apresenta copa rala e irregular, tronco engrossado na base e marcado por cicatrizes foliares. O diâmetro de seu tronco chega a 25 cm. Suas folhas são simples alternas, alongadas, lobadas de até 30 cm de comprimento, por 15 cm de largura. As flores são unissexuais pentâmeras brancas (LORENZI, 2009).

Seus frutos são fusiformes do tipo baga, com polpa carnosa, comestível e apresentam coloração amarelo-alaranjados quando maduros, possuem em média de 2,0 a 6,0 cm de comprimento, contendo em média 29 sementes por fruto (KINUPP, 2007). As sementes maduras são de coloração marrom clara. Removendo-se a camada de mucilagem que as revestem tornam-se espinescentes e tem em média 5,3 mm de comprimento polar e 2,8 mm de largura equatorial (KINUP, 2007).

A biodiversidade vegetal, componente essencial para o desenvolvimento sustentável, pode auxiliar na melhoria da qualidade de vida da população, além de colaborar para a redução da fome no mundo. Devido à isso, se faz importante elaborar e organizar planos e estratégias que visem a conservação e preservação dessa riqueza na flora brasileira (VIEIRA *et al.*, 2016).

De acordo com Pinto (2015), a fenologia é uma ferramenta para compreender a biologia da espécie em seu *habitat* natural, fornecendo suporte científico para técnicas silviculturais. Viabiliza ainda, planejamentos de manejo sustentável e contribuem fortemente para a realização de projetos de restauração. Este tipo de estudo também é importante para o entendimento da reprodução das plantas (MORELLATO *et al.*, 2000).

A propagação da planta pode ser através de sementes ou estacas, e a germinação é epígea (LORENZI, 2008). Porém, ainda são escassos os estudos referentes à reprodução da espécie, segundo Kinupp e Lorenzi (2014).

Para que se possa produzir mudas de qualidade e em grande quantidade é preciso conhecer, principalmente, a forma de propagação da espécie e o ambiente para melhor desempenho. A germinação de sementes, por exemplo, é determinada por uma sequência de eventos fisiológicos, sendo caracterizada após a embebição pelo início da atividade metabólica, proporcionando o crescimento do eixo embrionário; posteriormente, ocorre intervalo de preparação e ativação do metabolismo e então, a protusão da radícula (DUTRA, 2016).

Para garantir o uso de espécies nativas em programas de recomposição ambiental ou arborização é preciso investir em conhecimento de manejos que visem o aumento de produtividade e qualidade destas espécies, o que pode ser um fator limitante para o uso de forma mais intensa.

Conhecer os fatores que interferem no processo germinativo é de extrema importância, pois permite que os mesmos sejam controlados e manipulados para aumentar o sucesso de porcentagem, velocidade e uniformidade da germinação, viabilizando um bom resultado em qualidade, quantidade e redução do custo de produção (DUTRA, 2016).

A variação de condições ambientais como luz, temperatura e umidade exercem influência direta sobre as trocas gasosas das plantas, além disso cada espécie possui características únicas que controlam sua taxa fotossintética (GONÇALVES *et al.*, 2009; ESPOSTI, 2013). Outros fatores que podem influenciar na atividade fotossintética são a concentração de dióxido de carbono, idade da folha e o conteúdo de nitrogênio na folha.

A fotossíntese é o processo mais importante para as plantas. As plantas utilizam a energia solar para converter moléculas simples em moléculas orgânicas, que podem ser utilizadas pelas plantas como fonte de energia e de moléculas estruturais (RAVEN, 2011). A radiação solar é um dos fatores mais importantes na determinação da produtividade vegetal, pois devido a variações na quantidade de radiação interceptada e absorvida pelas plantas, vários processos fisiológicos são ativados (TAIZ; ZEIGER, 2004).

O estudo da fenologia das plantas é de fundamental importância para o manejo e planejamento de exploração das espécies. Desta forma nesta pesquisa foi realizada,

e descrito no capítulo um, a caracterização dos estádios fenológicos da espécie *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill correlacionando a manifestação dos eventos fenológicos com a intensidade de ocorrência dos fenômenos meteorológicos.

A duração da germinação é considerada o tempo necessário entre a hidratação da semente e a emissão da raiz primária) e para que o processo ocorra, é necessário que a disponibilidade de água, a temperatura e a concentração de oxigênio no meio não limitem o metabolismo germinativo (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

A germinação de sementes pode exigir regulador vegetal como as giberelinas, para uma das possíveis etapas, como ativação de crescimento vegetativo do embrião, o segundo capítulo desta pesquisa traz respostas para germinação de sementes da espécie *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. com uso de giberelinas e dois ambientes distintos.

Para que a planta se desenvolva bem e saudável é necessário que haja o equilíbrio entre as suas atividades bioquímicas e fotoquímicas. Estudar os mecanismos e as correlações que leva a planta a desenvolver ou inibir fisiologicamente a manifestação de um fenômeno é de grande relevância para o entendimento do desenvolvimento da planta como um todo. O terceiro capítulo traz informações importantes sobre o desempenho ecofisiológico da espécie *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill.

Diante do exposto esta pesquisa teve como objetivo geral avaliar o desempenho fenológico, reprodutivo e ecofisiológico em população natural de *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill..

CAPÍTULO 1

FENOLOGIA VEGETATIVA E REPRODUTIVA DA ESPÉCIE NATIVA *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. EM FRAGMENTO DE FLORESTA

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi avaliar como as variáveis climáticas afetam a duração das fenofases vegetativa e reprodutiva da espécie nativa *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. em população natural de área pertencente à fazenda Lageado da Faculdade de Ciências Agronômica – UNESP, Botucatu SP, avaliando a sincronia, presença e ausência das fenofases e associando a duração das diferentes fenofases com as variáveis: radiação solar, temperatura, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica. A pesquisa foi realizada no período de maio de 2017 a maio de 2019. Foram marcados 12 indivíduos da espécie nos quais foram observadas quinzenalmente as fenofases vegetativas e reprodutivas. Dois métodos de observação foram utilizados: índice de atividade fenológica (ausência/presença do evento) e Índice de Fournier. Os valores destes índices foram submetidos à correlação de Spearman com os dados meteorológicos. Na fenologia vegetativa constatou-se que o brotamento teve início em agosto, reduzindo o aparecimento de brotos em novembro quando se teve aumento da radiação e na temperatura. A queda foliar teve início em dezembro e foi se intensificando com o tempo, enquanto ocorre a redução da radiação e da temperatura, perdendo 100% das folhas no início do mês de junho. Na fenologia reprodutiva, os maiores índices de floração, onde aconteceu o ápice da floração, foram observados em novembro e dezembro. O aparecimento dos primeiros frutos foi observado no mês de outubro e os últimos frutos maduros no mês de maio, sendo que o pico dessa fenofase, ocorreu nos meses de janeiro e fevereiro. As fenofases tiveram melhor correlação positiva entre floração x fotoperíodo (0,90) e melhor correlação negativa, repouso vegetativo x fotoperíodo (-0,73). No geral, as variáveis apresentaram correlação positiva com exceção da brotação que apresentou correlação negativa para temperatura média e umidade relativa e repouso vegetativo que apontou correlação negativa para todos os fatores climáticos. É uma espécie sincrônica, correlacionando temperatura/frutificação de forma positiva e temperatura/repouso de forma inversamente proporcional.

Palavras-chave: fenofases; planta nativa; ecologia.

CHAPTER 1

VEGETATIVE AND REPRODUCTIVE PHENOLOGY OF THE NATIVE SPECIES *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. IN FOREST FRAGMENT

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate how the climatic variables affect the duration of the phenophases vegetative and reproductive phenology of the in natural population. The native species *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill., in a natural population belonging to the Lageado farm of the Faculty of Agronomic Sciences - UNESP, Botucatu SP, evaluating the synchrony, presence and absence of phenophases and associating the duration of different phenophases with the variables solar radiation, temperature, relative humidity, air pain and rainfall. The research was carried out from May 2017 to May 2019. 12 individuals of the species were identified in which vegetative and reproductive phenophases were observed every two weeks. Two observation methods were used: the phenological activity index (absence / presence of the event) and the Fournier Index. The values of these indices were submitted to Spearman's correlation with meteorological data. In vegetative phenology, it was found that sprouting started in August, reducing the appearance of sprouts in November when there was an increase in radiation and temperature. The leaf fall starts in December and intensifies, while the radiation and temperature decrease, losing 100% of the leaves at the beginning of June. In reproductive phenology, the highest flowering rates, where flowering peak occurred, were observed in November and December. The appearance of the first fruits was observed in the month of October and the last ripe fruits in the month of May, and the peak of this phenophase, occurred in the months of January and February. Phenophases had better positive correlation between Flowering x photoperiod (0.91) and better negative correlation, vegetative rest x t-photoperiod (-0.73); in general, the variables showed a positive correlation with the exception of sprouting, which presented a negative correlation for average temperature and relative humidity and vegetative rest, which showed a negative correlation for all climatic factors. It is a synchronous species, positively correlating temperature / fruiting and temperature / rest in an inversely proportional way.

Keywords: fenophases; native plant; ecology.

1.1 INTRODUÇÃO

Conhecida como jacaratiá, mamãozinho-do-mato entre outros nomes populares a espécie *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. é tradicionalmente utilizada em confecção de doces na Região Sul do Brasil onde também seu fruto é consumido *in natura*. Na elaboração de doces em calda, os frutos são utilizados integralmente, similarmente ao praticado com figo (QUEVEDO, 2014).

Tem também grande importância ecológica nos seus locais de ocorrência natural, seja pela manutenção da biodiversidade vegetal, pela atração de agentes polinizadores e pela utilização de seus frutos como alimento por grande diversidade de animais, principalmente, aves (BIONDO *et al.*, 2013).

O estudo fenológico das plantas é uma ferramenta fundamental para o manejo sustentável das florestas tropicais, pois a partir do conhecimento das estratégias reprodutivas das espécies é possível orientar para os melhores períodos de manejo e colheita, de modo a garantir populações viáveis e, também, servir de indicador de sustentabilidade em florestas alteradas (ENGEL, 2001).

A fenologia é a observação dos fenômenos biológicos acomodados a certo ritmo por um determinado período, como brotação, floração e maturação dos frutos de uma planta. O ritmo vegetativo e reprodutivo expresso pelo aparecimento, crescimento, transformação e desaparecimento dos diversos órgãos das plantas é característico de cada espécie e varia ao longo do ano, de acordo com a intensidade dos fenômenos meteorológicos, principalmente, da radiação (LONGHI, 1984).

Desse modo, a caracterização dos estádios fenológicos das diferentes espécies é importante para o estudo da dinâmica da população e da comunidade de plantas de uma determinada área (ORTOLANI; CAMARGO, 1987; MORELATTO, 2007). Mudanças na temperatura podem influenciar a fisiologia dos vegetais. Temperaturas altas diminuem a condutância estomática e, conseqüentemente, reduzem a fotossíntese e o crescimento das plantas. Afetam também a produção de metabólitos secundários e no fotosistema II diminui a eficiência fotoquímica causando aumento no estresse nas plantas (VERMA; SUKLA, 2015).

Já baixas temperaturas (<20°C) afetam negativamente o crescimento e o desenvolvimento de plantas, limitando significativamente a produtividade. As temperaturas baixas reduzem diretamente as reações metabólicas e, indiretamente, a absorção de água e a desidratação celular e impedem a expressão do potencial

genético (KOC *et al.*, 2010). No ambiente de floresta, a radiação solar ocupa papel relevante, sendo de fundamental importância nos processos de fotossíntese, aquecimento do ar e superfície de evapotranspiração (MOURA *et al.*, 2000).

Os impactos das atividades humanas sobre o clima também podem ter consequências sobre a distribuição das ecorregiões da Mata Atlântica. Uma simulação com modelagem de nicho indicou que diversas espécies típicas do domínio teriam redução de até 50% em sua área de ocorrência e se deslocariam em direção ao Sul do Brasil em cenários de aquecimento global (COLOMBO; JOLY 2010).

Neste sentido objetivou-se foi avaliar como as variáveis climáticas afetam a duração das fenofases vegetativa e reprodutiva da espécie *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. localizada na fazenda Lageado da Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, Botucatu SP.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada nas dependências da fazenda Lageado da Faculdade de Ciências Agronômicas – FCA/UNESP, Botucatu – SP, localizada sob as coordenadas 22° 51' S de latitude, 48° 26' W de longitude e 786 m de altitude. O tipo climático predominante no local é o Cfa (clima temperado quente (mesotérmico) úmido, com temperatura média do mês mais quente superior a 22°C), conforme classificação de Köppen (1948) (CUNHA; MARTINS, 2009).

A espécie selecionada para acompanhamento fenológico foi a *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. devidamente identificada de acordo com normas usuais de taxonomia (MORI, 1989) e depositado no Herbário Irina Delanova Gemtchúnicov do Instituto de Biociências/ UNESP – Botucatu - SP, código BOTU 33195.

A amostra foi composta por 12 indivíduos de diferentes idades, distribuição e ecossistemas. 8 (oito) indivíduos em área parcialmente antropizada, com vegetação predominantemente composta por *Eucalyptus* spp, 1 (um) indivíduo isolado em área de terra nua e 3 (três) indivíduos em sistema agroflorestal, conforme localização nas coordenadas (tabela 1).

Tabela 1 – Coordenadas de localização das amostras de *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill.. Botucatu, 2019.

Nº ID	Coordenadas
1	S 22° 51' 25,3" W 48° 26' 26,4"
2	S 22° 50' 55,4" W 48°25' 52,4"
3	S 22° 50' 55,6" W 48°25' 52,1"
4	S 22° 50' 55,7" W 48°25' 51"
5	S 22° 50' 53,8" W 48°25' 50,6"
6	S 22° 50' 53,6" W 48°25' 50,1"
7	S 22° 50' 53,3" W 48°25' 50,3"
8	S 22° 50' 53,2" W 48°25' 50,3"
9	S 22° 50' 23,2" W 48°25' 50,5"
10	S 22° 50' 23,7" W 48°25' 57,2"
11	S 22° 50' 25,3" W 48°25' 55,2"
12	S 22° 50' 24,7" W 48°26' 9,1"

A escolha da espécie se deu devido à sua importância ecológica e potencial agrônomo. No decurso de 25 meses (maio de 2017 a maio de 2019) foi observada a ocorrência das seguintes fenofases (KOPTUR, 1988; MORELLATO, 1989): brotamento – período em que ocorre o aparecimento de brotos foliares até a expansão das folhas novas; queda foliar – período de perda foliar e repouso vegetativo; floração – dividida em período com produção de botões florais e de flores; frutificação – presença e ausência de frutos.

Visitas quinzenais foram realizadas ao local da pesquisa para monitoramento das fenofases vegetativas e reprodutivas de doze indivíduos da espécie; o período incluiu tempo seco e chuvoso. Os aspectos vegetativos e reprodutivos foram anotados a cada visita, registrando assim, o comportamento fisiológico natural da planta.

Os métodos de avaliação utilizados foram qualitativos (FOURNIER, 1974; BENCKE; MORELLATO, 2002a), que se aplica à observação direta das plantas, definindo apenas a presença ou ausência da fenofase em questão, considerando-se o período a partir da manifestação do evento biológico de um indivíduo até o último da amostra deixar de manifestá-lo; e semiquantitativo pelo Índice de Fournier

(FOURNIER, 1974) que possibilita estimar a intensidade das fenofases a partir de observações visuais, em uma escala intervalar, atribuindo-se os valores 0 (ausência), 1 (até 25%), 2 (até 50%), 3 (até 75%) e 4 (até 100%).

Para estimar a sincronia, realizou-se a soma dos valores de intensidade (0 a 4) obtidos para todos os indivíduos. Tal soma foi dividida pelo valor máximo possível (número de indivíduos multiplicado por quatro). O valor obtido foi multiplicado por 100, para transformá-lo em um valor percentual (BENCKE, 2005).

Para verificar a sincronia da população em relação às fenofases avaliadas foi adotado o método descrito em Bencke e Morellato (2002), que consideraram seguinte proporção de indivíduos manifestando determinado evento fenológico: < 20% assincrônico; 20-60% pouco sincrônico; > 60% sincrônico. Esse cálculo foi estimado no período de máxima atividade de cada fenofase.

A correlação de Spearman – ρ_s foi realizada para verificar a interdependência dos eventos fisiológicos da planta aos fatores climáticos. O coeficiente de correlação pode variar em termos de valor de -1 a +1, sendo +1, correlação positiva perfeita e -1, correlação negativa perfeita para as variáveis.

Os seguintes dados meteorológicos foram analisados: precipitação (mm), temperatura (°C), umidade relativa do ar (%), radiação solar (MJ/m²) e fotoperíodo (h). Estes dados foram fornecidos pela Estação Meteorológica do Departamento de Solos e Recursos Ambientais, da FCA/UNESP, Botucatu – SP, que fica a uma distância aproximada de 500 metros da área de estudo. Os dados obtidos diariamente foram apresentados em média mensal para melhor analogia dos dados.

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do cálculo do índice de atividade dos eventos fenológicos manifestados pelos indivíduos foi possível verificar informações de sincronismo, indicando a proporção de indivíduos da população que estava manifestando simultaneamente um determinado evento fenológico. Foi observado que a espécie apresentou alta sincronia (tabela 2) entre todos os indivíduos avaliados, independentemente de sua localização no campo.

Tabela 2 – Grau de sincronia dos eventos fenológicos da espécie *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. em porcentagem, no município de Botucatu/SP. maio/2017 a maio/2019.

Brotamento	Floração	Frutificação	Queda foliar	Repouso vegetativo
90,5%	83,3%	98,0%	91,7%	97,2%

O coeficiente de correlação de Spearman foi realizado para verificar a existência de correlação entre as fenofases e as variações ambientais de umidade, temperatura média, precipitação e radiação global.

A relação entre os fenômenos é positiva, conforme uma variável aumenta, a outra variável também aumenta. A relação é negativa, quando uma variável aumenta e a outra variável diminui. Para Cohen (1988) valores de p_s entre 0,10 e 0,29 podem ser considerados pequenos; escores entre 0,30 e 0,49 podem ser considerados como médios e valores entre 0,50 e 1 podem ser interpretados como grandes.

Para as variáveis em estudo obtiveram-se diferentes valores de p_s para cada correlação proposta (Tabela 3). Pode se destacar maior valor de p_s para o período de floração e fotoperíodo (0,90), o que significa alta correlação positiva.

Tabela 3 – Correlação de Spearman (p_s) para presença da fenofase e fatores climáticos, temperatura máxima e temperatura mínima (°C), fotoperíodo (h) umidade relativa do ar (UR, %), precipitação (Precip. mm) e radiação (Rad, MJ/m²) para a espécie *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill., período entre maio de 2017 e maio de 2019. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2019.

Fenofases	Temp. Máx. (°C)	Temp. Mín. (°C)	Fotop. (h)	UR%	Precip. (mm)	Rad (MJ/m ²)
Brotação	0,22 ^{NS}	-0,07 ^{NS}	0,44**	-0,06 ^{NS}	0,15 ^{NS}	0,27 ^{NS}
Floração	0,57**	0,42**	0,90**	0,18 ^{NS}	0,40**	0,48**
Frutificação	0,68**	0,77**	0,76**	0,44**	0,42**	0,53**
Queda foliar	0,20 ^{NS}	0,41**	-0,03 ^{NS}	0,31*	0,03 ^{NS}	0,17 ^{NS}
Repouso Vegetativo	-0,68**	-0,57**	-0,73**	-0,24 ^{NS}	-0,31*	-0,67**

* e **Significativo para 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, NS – não significantivo.

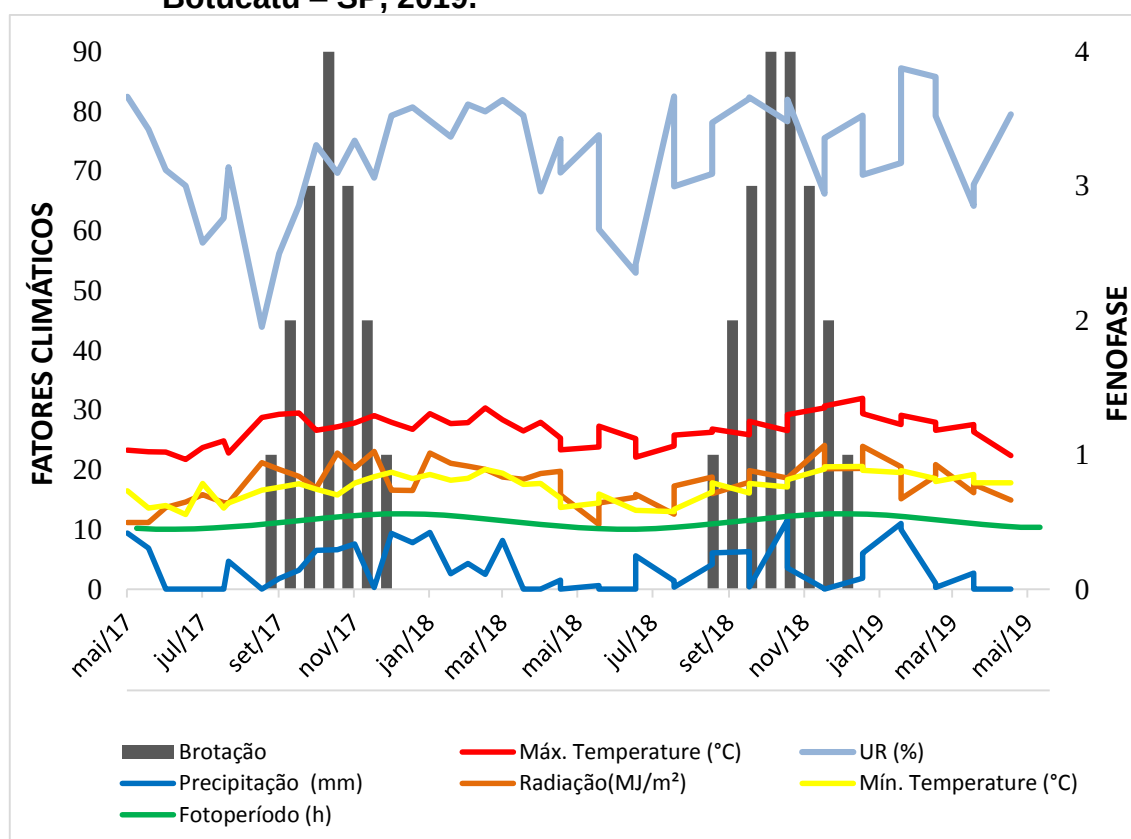
As variáveis apresentaram correlação positiva com exceção de brotação, que apresentou correlação negativa baixa para temperatura mínima, umidade relativa;

queda folia que apresentou correlação negativa para fotoperíodo e repouso vegetativo que apontou correlação negativa para todos os fatores climáticos, sobretudo para fotoperíodo, temperatura (max. e mín.) e radiação, indicando que altas temperaturas inibe a incidência de brotos, dessa forma o repouso vegetativo ocorreu no período de menor radiação observado em junho (inverno).

O fotoperíodo teve correlação positiva alta com floração (0,90) e frutificação (0,77), a planta apresentou maior quantidade de flores e frutos em períodos com dias mais longos.

No ciclo fenológico da espécie *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill., a brotação (figura 1) tem início em setembro e estendeu-se até o final de dezembro. O pico desta fenofase ocorreu em outubro, reduzindo o aparecimento de brotos em novembro quando ocorreu aumento da radiação e, também, da temperatura.

Figura 1 – Correlação entre a fenofase brotação da espécie *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. (Caricaceae) e os fatores abióticos radiação (MJ/m^2), temperatura ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa (%) e precipitação (mm), Botucatu – SP, 2019.

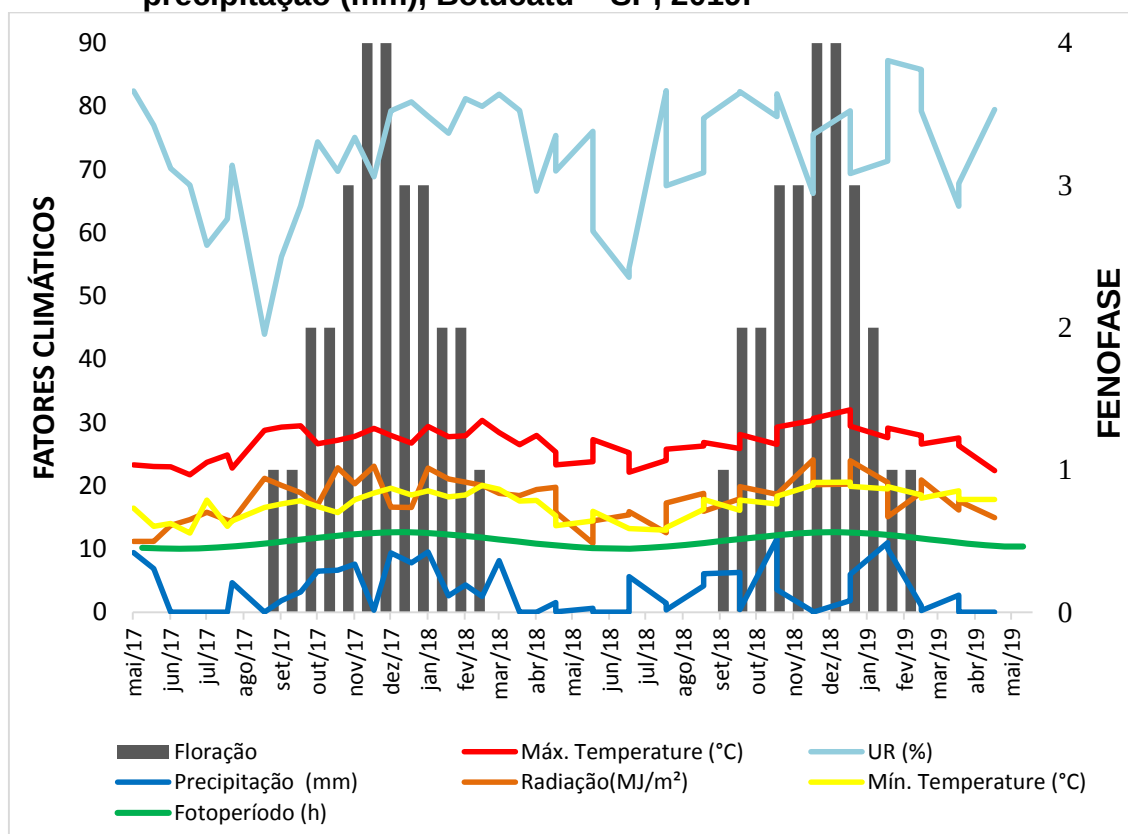


Corroborando com dados fenológico de *Vernonia polyanthes* por Gomes (2017), na mesma área geográfica deste estudo, as plantas emitem seus primeiros brotos a partir da primeira quinzena de agosto.

A fotossíntese responde também à temperatura do ar, que afeta a taxa das reações metabólicas das plantas, regulando o crescimento e o desenvolvimento vegetal. Temperaturas crescentes induzem ao aumento da taxa de fotossíntese, invertendo-se, porém, a relação, sob temperaturas muito elevadas (MONTEIRO, 2009). De forma geral, houve baixa correlação entre o estágio fenológico brotação e as variáveis meteorológicas. Para Milani (2013) a presença de folhas representa a necessidade da planta em realizar fotossíntese.

Iniciou-se o aparecimento dos botões florais (figura 2) em setembro se estendendo até o mês de fevereiro, sendo que o pico da floração foi observado em novembro e dezembro quando foram registradas as maiores medidas de radiação e que também foram meses que tiveram elevação na temperatura.

Figura 2 – Representação gráfica da correlação entre a fenofase Floração da espécie *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. (Caricaceae) e os fatores abióticos radiação (MJ/m²), temperatura (°C), umidade relativa (%) e precipitação (mm), Botucatu – SP, 2019.



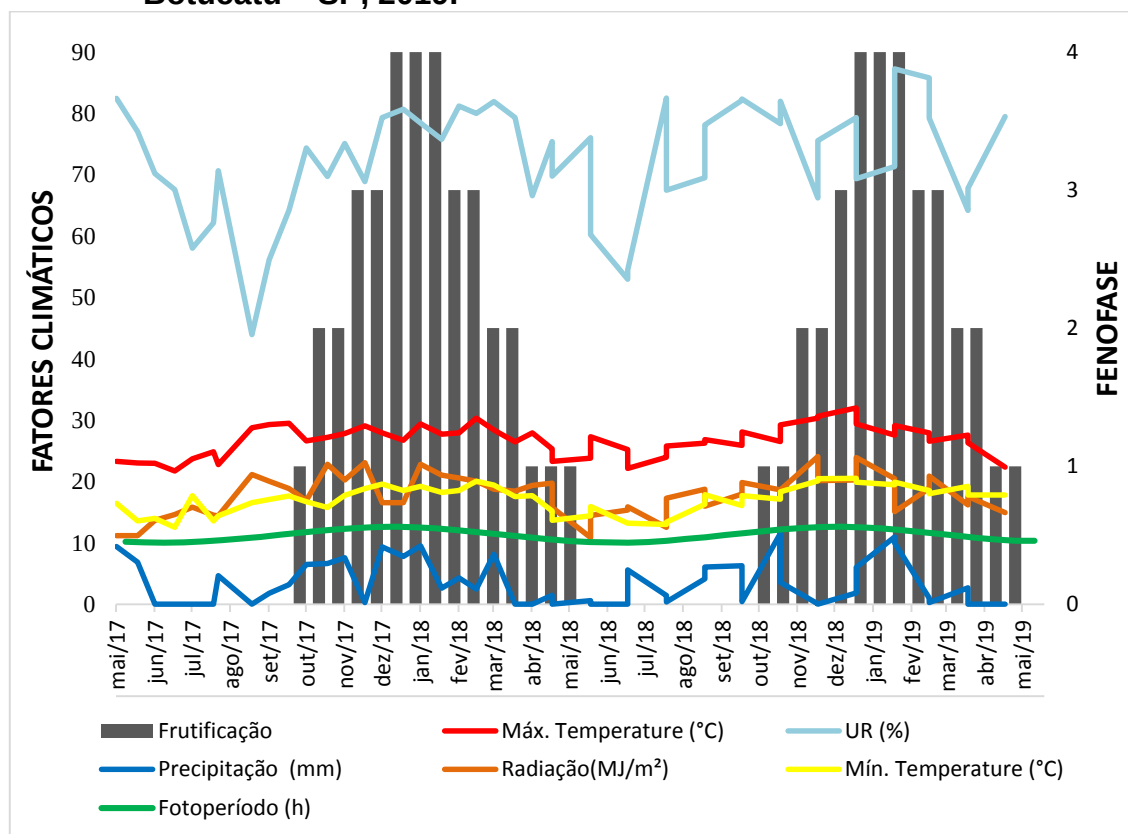
Na Região Sul a espécie *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. floresce de outubro a janeiro, segundo Lidio *et al.* (2011). Onde o período de floração coincidiu com o período observado neste estudo, devido ao aumento do comprimento do dia e da temperatura do ar, acima de 25°C.

Silva *et al.* (2019) encontraram resultado parecidos em *Schinus terebinthifolius*, espécie nativa da Mata Atlântica, a qual apresentou pico de floração positivamente correlacionada com a precipitação média e com a temperatura média

Algumas espécies são sensíveis ao fotoperíodo e precisam de dias curtos para florescer. Outro fator que interfere muito em algumas espécies é a temperatura, há plantas que necessitam acumular horas de frio abaixo de sua temperatura crítica, para que iniciem o processo de floração no momento em que as temperaturas aumentarem (RES; ARENHARDT, 2015).

O início da frutificação foi observado no mês de outubro e os últimos frutos maduros são vistos no mês de maio, sendo que o pico dessa fenofase, ocorreu nos meses entre dezembro e fevereiro (figura 3).

Figura 3 – Correlação entre a fenofase Frutificação da espécie *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. (Caricaceae) e os fatores abióticos radiação (MJ/m²), temperatura (°C), umidade relativa (%) e precipitação (mm), Botucatu – SP, 2019.



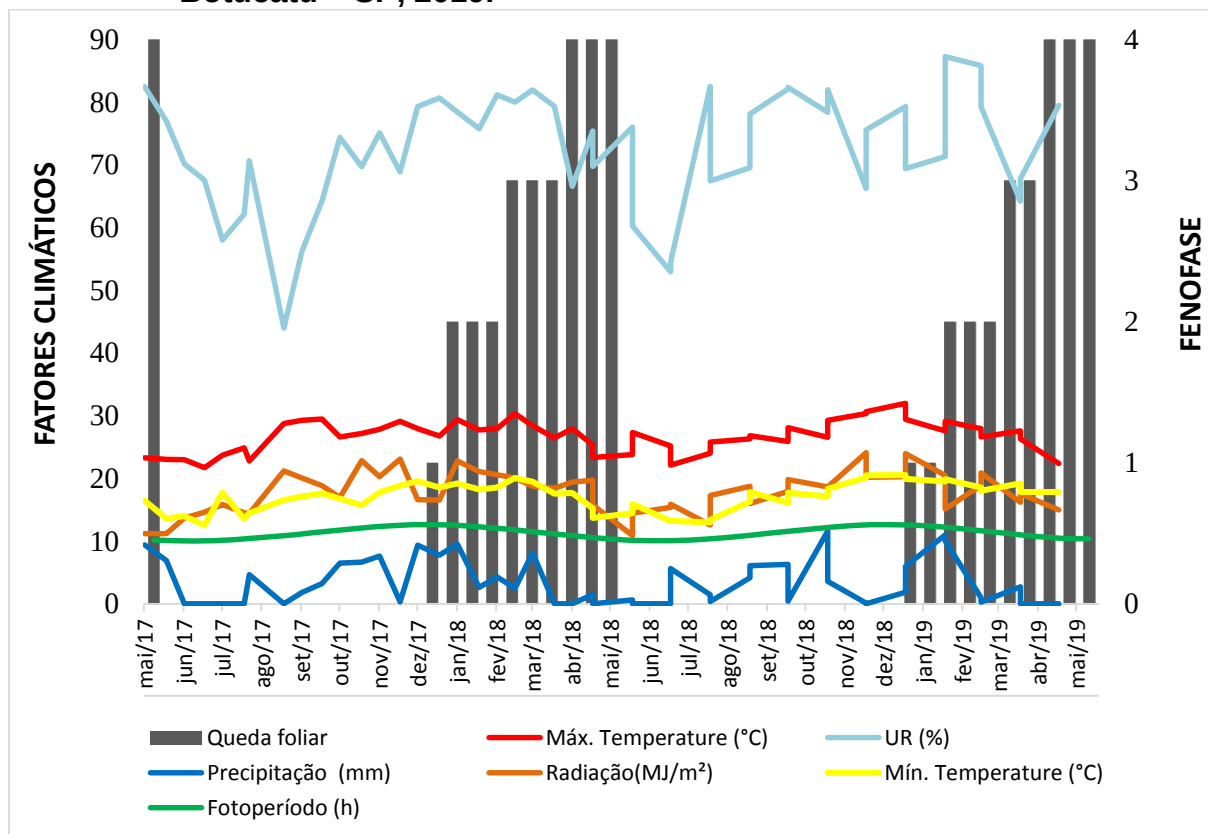
Para Lorenzi (2008) o amadurecimento dos frutos de *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. ocorre em fevereiro no Rio Grande do Sul. No estudo realizado por Pissato (2015) em Santa Maria – RS, o ápice de produção de fruto ocorreu no mês de fevereiro estendendo-se até abril quando evidenciou menor produção de frutos.

As correlações entre a frutificação com as variáveis meteorológicas indicaram que essa fenofase está muito associada ao aumento da temperatura, fotoperíodo, aumento da radiação como também ao período da estação chuvosa.

Corroborando com dados encontrados por Pajewski (2019) em estudo realizado com *Miconia cinerascens*, no período de maio de 2017 a abril de 2018, na reserva natural Salto Morato, remanescente contínuo de Mata Atlântica do Brasil, em Guaraqueçaba (PR), onde a frutificação também ocorreu no período de maior precipitação.

A queda foliar (figura 4) inicia-se em dezembro, se intensificando com a redução da radiação e da temperatura, perdendo 100% das folhas no início do mês de junho.

Figura 4 – Correlação entre a fenofase Queda foliar da espécie *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. (Caricaceae) e os fatores abióticos radiação (MJ/m²), temperatura (°C), umidade relativa (%) e precipitação (mm), Botucatu – SP, 2019.

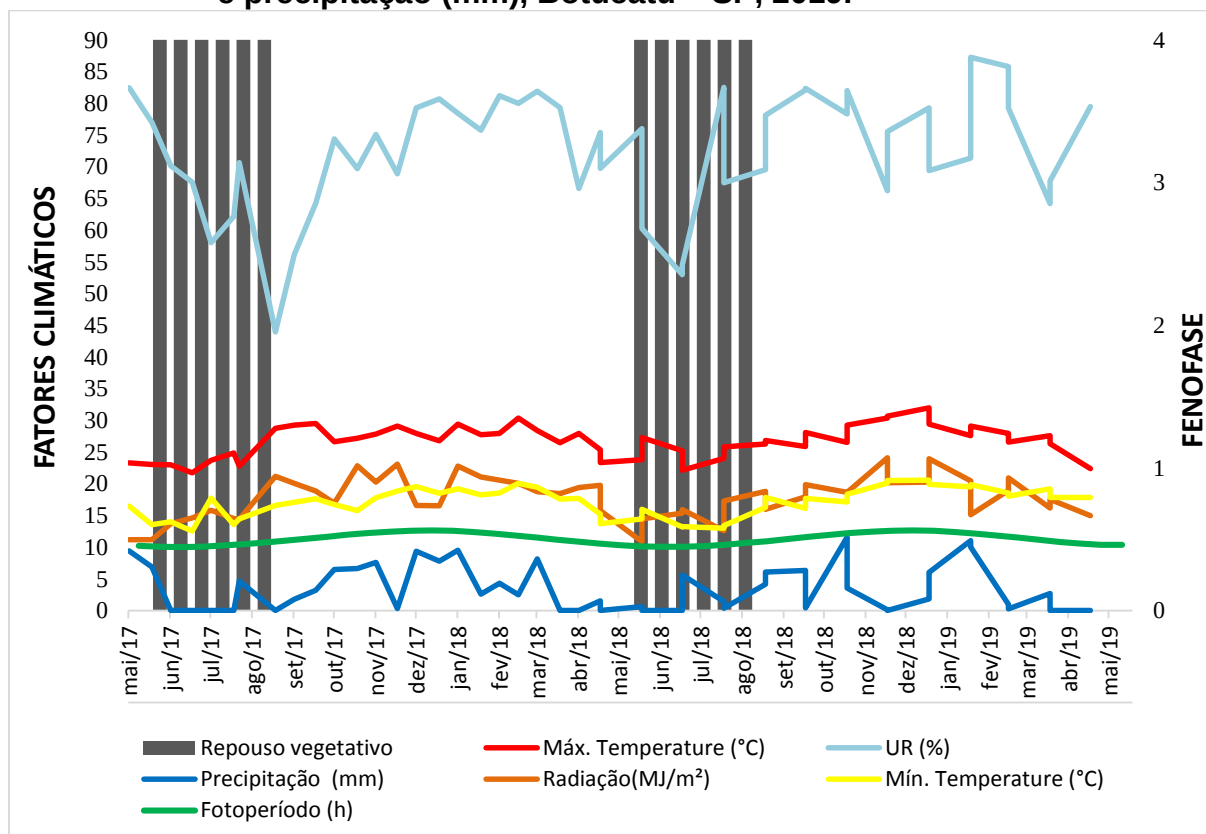


Quanto mais tempo as plantas apresentarem folhas verdes, significa mais fotossíntese e mais reserva será acumulada. O início do processo da abscisão foliar inicia com o amarelecimento da folha devido à degradação de clorofila (PES; ARENHARDT, 2015). A perda de folhas ocorre naturalmente, pois elas envelhecem e sofrem com as alterações ambientais, principalmente, a baixa temperatura e o estresse hídrico. O conteúdo de fluidos antes direcionados para as folhas, com o aumento da queda foliar serão direcionados para os tecidos drenos.

O desfolhamento também pode ser acelerado por algum fator que provoque alterações no balanço hormonal. Para Larcher (2006), a queda foliar está associada à queda do nível de auxina e ao aumento no nível de etileno na lâmina foliar que, por sua vez, torna a região de abscisão enfraquecida do ponto de vista mecânico.

A espécie *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. entra em repouso vegetativo no início de junho até o final de agosto (figura 5), coincidindo com o período de radiação e temperatura mais baixa e também o período de menor precipitação.

Figura 5 – Correlação entre a fenofase Repouso vegetativo da espécie *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. (Caricaceae) e os fatores abióticos radiação (MJ/m²), temperatura (°C), umidade relativa (%) e precipitação (mm), Botucatu – SP, 2019.



O repouso vegetativo é a fase de menor atividade metabólica quando as árvores de folhas caducas perdem totalmente suas folhas. O repouso vegetativo se inicia com a queda total das folhas e estende-se até o início da brotação. Esses períodos vão se sucedendo, existindo interdependência entre si, sendo que o desenrolar de um depende daquele que o precede (MANDELLI, 2002).

Durante o repouso vegetativo, ocorrem mudanças qualitativas e quantitativas dos hormônios vegetais e no metabolismo, que resultam numa maior resistência da planta.

Quando não ocorrem temperaturas baixas suficientes a maior parte das gemas permanecem em repouso, as gemas terminais apresentam brotação desuniforme e as gemas floríferas abrem-se isoladamente de forma que, ao mesmo tempo, frutos, flores e gemas dormentes são encontrados na planta (CARVALHO, 2001).

CONCLUSÃO

As fenofases da espécie *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. tem correlação com as variáveis climáticas apresentadas, destacando a grande influência da radiação e temperatura e fotoperíodo para todas as fases.

Vasconcellea quercifolia A.St.-Hill. tem alta sincronia em todas as fenofases, fator positivo que possibilita realizar um plano de manejo para exploração da espécie.

REFERÊNCIAS

APEL, K.; HIRT, H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. **Annu. Rev. Plant Biol.**, v.55, p.373-399, 2004

AZERÊDO, G.A. **Qualidade Fisiológica de Sementes de Piptadenia moniliformis Benth .2009**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2009.

BENCKE, C. S. C.; MORELLATO, L. P. C. Estudo comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de floresta atlântica no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica** 25(2): 237-248, 2002a.

BIONDO, E. *et al.* Caracterização citogenética e ecológica de populações de mamãozinho-do-mato (*Vasconcellea quercifolia* A, St. Hill. – Caricaceae)

uma planta alimentícia não convencional pouco explorada. In: **Congresso brasileiro de Agroecologia**, 8, 2013, Porto Alegre. Resumos. Porto Alegre, 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Brasil: 5º relatório nacional para a Convenção Sobre Diversidade Biológica / Ministério do Meio Ambiente**. Secretaria de Biodiversidade e Florestas; Coordenador Carlos Alberto de Mattos Scaramuzza. Brasília: (Série Biodiversidade; n. 50), MMA, 2016. 240 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. **Alimentos regionais brasileiros / Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica**. – 2. ed. – Brasília: Ministério da Saúde, 2015.

COHEN, Jacob. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. Hillsdale, NJ, Erlbaum, 1988. 400p.

CARVALO, R. I. N. **Dinâmica da dormência do conteúdo de carboidratos e proteína em emas vegetativas em ramos de um e dois anos de macieira com e sem frio suplementar**. 2001, 134f. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2001.

COLOMBO, A. F., AND C. A. JOLY. Brazilian Atlantic Forest lato sensu: the most ancient Brazilian forest, and a biodiversity hotspot, is highly threatened by climate change. **Brazilian Journal of Biology** 70:697–708, 2010.

CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro – Região Sul**. Brasília: MMA, 2011. 934p.. Brasília: MMA, 2011. 934p.

CUNHA A. A.; GUEDES F.B. **Mapeamentos para a conservação e recuperação da biodiversidade na Mata Atlântica: em busca de uma estratégia espacial integradora para orientar ações aplicadas (Série Biodiversidade, 49)**. Brasília: MMA, 2013. 216p. Disp. em: <http://www.mma.gov.br/publicacoes/biodiversidade>. Acesso: 03 mar. 2018.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2009.

ENGEL, V. L. **Estudo fenológico de espécies arbóreas de uma floresta tropical em Linhares, ES**. 2001. 137f. Tese (Doutorado em Ecologia). Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia. Campinas/SP, 2001.

FERRAZ, D. K. et al. Fenologia de árvores em fragmento de mata em São Paulo, SP. **Revista Brasileira de Biologia, São Carlos**, v. 59, n. 2, p. 305-317, 1999.

FOURNIER, L. A. Un metodo cuantitativo para la medición de características fenológicas en arboles. **Turrialba** 24(4):422-423, 1974.

GILL, S. S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 48, p. 909-930, 2010.

GOMES, J. A. DE O.; **Estudos complementares ao manejo do assa-peixe (vernonia polyanthesless.): fenologia, fitoquímica, histoquímica, anatomia e variação sazonal em população nativa.** 2017, 88p. Tese de doutorado, Horticultura: Faculdade de Ciências Agrônômicas – Unesp, Botucatu, 2017.

KINUPP, V.F.; LORENZI, H. Plantas **Alimentícias Não-Convencionais (PANC) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas.** Nova Odessa: Ed. Plantarum, 2014. 768p.

KOC, F. et al. The effects of wet brewer's grain whole plant maize mixture silages on fermentation characteristics and nutrient digestibility in lambs. **Poljoprivreda / Agriculture**, 16 (2): 35-41, 2010.

KOPTUR, S. et al. Phenological studies of shrub and tree species in tropical cloud forests of Costa Rica. **Journal of Tropical Ecology**, Winchelsea, v. 4, p. 347-359, 1988.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal.** São Carlos: Rima, 2006. 531 p.

LIDIO, C. ALEXANDRE S. ADEMIR R. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro-região sul.** Brasília: MMA, 2011. 934p.

LONGHI, S. J. Fenologia de algumas espécies florestais e ornamentais. **Revista do Centro de Ciências Rurais** da Universidade Federal de Santa Maria –UFSM. 14 (3-4): 231–240, 1984.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** 5.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, v.1. 2008. 368p.

MANDELLI, F. **Relações entre variáveis meteorológicas, fenologia e qualidade da uva na ‘Serra Gaúcha’.** Tese de Doutorado: Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2002. 174p.

MILANI, J. E. F. **Comportamento fenológico de espécies arbóreas em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista aluvial – Araucária, PR.** 2013. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, 2013.

MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola.** NMET, Brasília, DF, 2009. 530 p.

MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE). **Biodiversidade para Alimentação e Nutrição**, 2018. Disp. em: <https://www.mma.gov.br/biodiversidade/conservacao-e-promocao-do-uso-da-diversidade-genetica>. Acesso em: 11 jul.2018.

MORELLATO, L. P. C. **A pesquisa em fenologia na América do Sul, com ênfase no Brasil, e suas perspectivas atuais.** In: REGO, G. M.; NEGRELLE, R. B.; MORELLATO, L. P. C. (Org.). Fenologia como ferramenta para conservação e manejo de recursos vegetais. Curitiba: EMBRAPA, v. 1, p. 37-48, 2007.

MORELLATO, L. P. C.; LEITÃO FILHO, H. F. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta mesófila na Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo. **Revista Brasileira de Biologia** 50:163-173, 1990.

MORELLATO, L. P. C. et al. Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta semidecídua na Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 12, p. 85-98, 1989.

MORI, S.A. et al. **Manual de Manejo de Herbário Fanerogâmico**. 2ª ed. Ilhéus, Centro de Pesquisas do Cacau. 1989. 104p.

MOURA, M. A. L. **Balanco de Radiação à superfície e fluxo de calor no solo em áreas de floresta nativa e pastagem no Oeste da Amazônia brasileira**. Botucatu, 2000. 118p. Tese (Doutorado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, 2000.

ORTOLONI, A. A.; CAMARGO, M. B. P. **Influência dos Fatores Climáticos na Produção**. In: **CASTRO, P. R. C. Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. 349p.

PAJEWSKI, F. F.; **Fenologia de espécies lenhosas da floresta ombrófila densa submontana, Guaraqueçaba – PR**. 2019, 103 fl. Dissertação (mestrado)- Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná, 2019.

PEREIRA, J.S. *et al.* Seasonal and diurnal patterns in leaf gas Exchange of Eucalyptus globules trees growing in Portugal. **Canadian Journal of Forest Research**, v.16, p.177-184, 1986.

QUEVEDO, D. de. **Métodos de superação de dormência em sementes de jaracatiá (*Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill.)**. 2014. 34p. Trabalho de conclusão de curso de graduação. Universidade Federal da Fronteira Sul. Laranjeiras do Sul, 2014.

PES, L. Z.; ARENHARDT, M. H.; Caderno Didático de Fisiologia Vegetal. (UFSM). Santa Maria-RS: **Cadernos Da Rede**, 1(1), 386-378, 2015.

SILVA, M. P. K. L. *et al.* Desenvolvimento inicial e fenologia em núcleos de restauração no bioma Mata Atlântica, Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v. 14, n. 1, 2019.

VERMA, N.; SHUKLA, S. Impact of various factors responsible for fluctuation in plant secondary metabolites, **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, Volume 2, Issue 4, P.105-113, 2015.

CAPÍTULO 2

GERMINAÇÃO, VIGOR DE SEMENTES E DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS DE *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. TRATADAS COM ÁCIDO GIBERÉLICO EM AMBIENTES DISTINTOS

RESUMO

As sementes são uma garantia de sobrevivência de espécies vegetais, simbolizando a sua continuidade e diversidade, além de conter a carga genética dos progenitores. O uso de reguladores vegetais pode acelerar a velocidade de germinação em sementes de várias espécies. Sementes de *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. foram submetidas ao teste de embebição para elaboração da curva de embebição de água para definir o tempo de imersão das sementes aos tratamentos. Dessa forma, foram elaborados dois experimentos com regulador vegetal, GA₃: Experimento I: Germinação de sementes em BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), nas concentrações de 50 mg L⁻¹; 100 mg L⁻¹; 200 mg L⁻¹; 300 mg L⁻¹; 400 mg L⁻¹ e 500 mg L⁻¹ de GA₃, mais a testemunha (água deionizada). Analisados os resultados do experimento I, definiu-se para o experimento II (emergência e desenvolvimento inicial de plântulas, conduzida em casa de vegetação), as seguintes concentrações de GA₃: 100 mg L⁻¹; 200 mg L⁻¹; 300 mg L⁻¹; 400 mg L⁻¹; 500 mg L⁻¹ e 600 mg L⁻¹, mais a testemunha (água deionizada). Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) para o experimento I com 20 sementes para cada repetição. As concentrações adotadas para este experimento foram pouco eficientes, sendo que apenas a maior concentração proporcionou 69,5% de sementes germinadas, enquanto as demais concentrações apresentaram resultados abaixo de 50% e no tratamento testemunha germinaram somente 5,5% das sementes. Para o experimento II utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizado (DBC) com 9 sementes cada repetição. As concentrações de GA₃ avaliadas não influenciaram na porcentagem de emergência de plântulas. O tratamento 4 (300 mg L⁻¹) foi o mais eficiente para o índice de Velocidade de Emergência (IVE), proporcionando emergência de plântulas mais rápida e mais uniforme em relação aos demais. Além disso, promoveu também maior acúmulo de massa da parte aérea das plântulas, assim como das raízes.

Keywords: Plantas nativas. Sementes. Reguladores Vegetais. Giberelina.

CHAPTER 2

GERMINATION, SEED VIGOR AND DEVELOPMENT OF SEEDLINGS OF *Vasconcellea quercifolia* A.st.-Hill. TREATED WITH GIBBERELIC ACD IN DIFFERENT ENVIRONMENTS

ABSTRACT

The seeds are a guarantee of survival of plant species, symbolizing their continuity and diversity, in addition to containing the genetic load of the parents. The use of plant regulators can accelerate the speed of germination in seeds of various species. *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. seeds. They were subjected to the imbibition test, to prepare the water absorption curve to define the time of immersion of the seeds to the treatments. Thus, two experiments with plant growth regulator, GA₃, were elaborated: Experiment I: Germination in BOD (Biochemical Oxygen Demand), in the concentrations of GA₃ at 50 mg L⁻¹; 100 mg L⁻¹; 200 mg L⁻¹; 300 mg L⁻¹; 400 mg L⁻¹; 500 mg L⁻¹, plus the control (deionized water). After analyzing the results of experiment I, for experiment II (emergence and initial seedling development, conducted in a greenhouse), the following GA₃ concentrations were defined: 100 mg L⁻¹; 200 mg L⁻¹; 300 mg L⁻¹; 400 mg L⁻¹; 500 mg L⁻¹ and 600 mg L⁻¹, plus the control (deionized water). A completely randomized design (DIC) was used for experiment I with 20 seeds for each repetition. The concentrations adopted for this experiment were not very efficient, with only the highest concentration providing 69.5% of germinated seeds, while the other concentrations showed results below 50%, whereas in the control treatment only 5.5% of the seeds germinated. For experiment II, a randomized block design (DBC) with 9 seeds each repetition was used. GA₃ concentrations did not differ in relation to the seedling emergence percentage. Treatment 4 (300 mg L⁻¹) was the most efficient for the Emergency Speed Index (ESI), providing faster and more uniform seedling emergence compared to the others. In addition, it also promoted greater accumulation of mass in the shoot of the seedlings, as well as in the roots.

Keywords: Native plants. Seeds. Plant Growth Regulator. Gibberellin.

2.1 INTRODUÇÃO

Vasconcellea quercifolia A.St.-Hill., pertencente à família Caricaceae, não é uma espécie endêmica do Brasil, apresentando-se também no sul do Peru, norte da Argentina, Bolívia, Paraguai e Uruguai, em regiões úmidas, formações xerófitas e montanhas altas (COSTA, 2008). Apresenta grande importância ecológica e é consumida tradicionalmente no sul do País e, ainda, tem importantes contribuições ao cultivo do mamoeiro.

A espécie está sendo utilizada no desenvolvimento de programas de melhoramento genético do mamoeiro, como exemplo, Siar *et al.* (2011), após 50 anos de tentativas fracassadas, conseguiram desenvolver um híbrido entre *Carica papaya* e *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill., resistente ao vírus “*papaya ring spot virus*” (PRSV), causador da doença de maior importância no cultivo do mamoeiro, encontrado em todas as regiões do mundo onde este é cultivado.

Segundo Kinupp (2007) esta é uma espécie de múltiplos usos e deve ter seu cultivo e exploração incentivados, especialmente no que se refere à agricultura familiar, sendo também indicada para formação de agroflorestas.

A germinação das sementes é descrita por Taiz e Zeiger (2013) como a retomada do crescimento do embrião em sementes maduras, a qual dependerá de condições ambientais favoráveis, de acordo com a exigência de cada espécie. Na germinação estão envolvidos processos sequenciados e sincronizados, de tal maneira que as reações catabólicas e anabólicas são simultâneas, sendo controlada por uma interação de sinais ambientais e endógenos, a partir dos quais ocorrem alterações dos estados fisiológicos da semente que resultam na retomada do desenvolvimento do embrião (MORAES *et al.*, 2002).

A duração da germinação é considerada o tempo necessário entre a hidratação da semente e a emissão da raiz primária (LARCHER, 2006) e para que o processo ocorra é necessário que a disponibilidade de água, a temperatura e a concentração de oxigênio no meio não limitem o metabolismo germinativo (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Segundo Marcos Filho (2005), tanto os que se dedicam ao estudo da fisiologia vegetal sob o aspecto botânico, como os tecnologistas de sementes, consideram que a germinação tem início com a embebição.

De acordo com Taiz e Zeiger (2004), a germinação de sementes pode exigir giberelina para uma das possíveis etapas, como ativação de crescimento vegetativo

do embrião, o enfraquecimento da camada do endosperma que envolve o embrião e restringe seu crescimento e mobilização das reservas energéticas do endosperma. O uso de reguladores vegetais pode favorecer o desempenho das plântulas, acelerando a velocidade de emergência de sementes de várias espécies (ARAGÃO, 2006).

As giberelinas atuam no desenvolvimento de vegetais quando aplicada exógenamente, podendo estar associada ou não a outros grupos hormonais, como auxinas e citocininas. Semelhante às auxinas, também atua no desenvolvimento do caule das plantas, em função do alongamento e divisão celular, além da fixação de frutos e seu desenvolvimento (DAVIES, 2004).

O emprego de ácido giberélico tem a finalidade da superação de dormência e acelerar a germinação de sementes, além de uniformizar a germinação. As giberelinas, entre outros fins, controlam diversos aspectos da germinação de sementes, como a síntese das enzimas de *lise* como alfa amilase, proteases e ribonucleases visando a mobilização das reservas de endosperma (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Diante da necessidade de aprimorar as metodologias e técnicas quanto ao comportamento germinativo de sementes de *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. este estudo objetivou avaliar o efeito do ácido giberélico na germinação das referidas sementes e desenvolvimento de plântulas da espécie.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Fisiologia Vegetal II do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências, UNESP, Campus de Botucatu–SP e em casa de vegetação no viveiro de mudas do Departamento de Ciência Florestal, Solos e Ambiente da FCA/UNESP, Botucatu – SP.

Frutos maduros foram coletados nos meses de abril e maio de 2018 para o experimento I (teste de germinação em BOD) e para o experimento II (emergência em casa de vegetação), a coleta de frutos, sendo realizada em janeiro de 2019. O local de coleta dos frutos foi na Fazenda Lageado da Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP/Campus de Botucatu, Botucatu - SP, em quatro indivíduos que compõe a vegetação local.

As sementes foram retiradas de frutos e lavadas em água corrente, friccionadas em peneira de malha fina para retirada de toda a mucilagem que envolve

as sementes. Em seguida, foram colocadas sobre papel toalha e deixadas para secar naturalmente, à sombra, sobre a bancada no laboratório durante 15 dias e armazenada até a instalação de cada experimento.

Anteriormente ao tratamento das sementes, foi construído um gráfico da curva de embebição de água para definir o tempo necessário da exposição das sementes aos tratamentos com ácido giberélico. Dessa forma, foi determinada a massa inicial de 60 sementes em 4 repetições; em seguida, as mesmas foram colocadas sobre papel germitest umedecido com água deionizada, em caixa gerbox de plástico transparente. A intervalos de 30 minutos, as sementes foram retiradas do gerbox e pesadas em balança analítica. Esse procedimento foi repetido até a estabilização das massas que aconteceu após cinco horas do início da embebição. No entanto, após 24 horas do início da embebição, foi realizada a pesagem final da massa das sementes, seguindo metodologia de Brasil (1992) com adaptações.

Com o resultado da curva de embebição foi definido o tempo de tratamento das sementes para o teste de germinação: Experimento I, no qual as sementes foram tratadas com GA₃ (Giberelina) em 5 diferentes concentrações: 50 mg L⁻¹; 100 mg L⁻¹; 200 mg L⁻¹; 300 mg L⁻¹; 400 mg L⁻¹ e 500 mg L⁻¹, mais a testemunha (água deionizada).

O experimento foi distribuído em delineamento inteiramente casualizado, com sete tratamentos (concentrações de GA₃), com 4 repetições de 20 sementes cada, totalizando 28 parcelas experimentais e 560 sementes. O ensaio foi conduzido em câmara BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) com temperatura de 25°C (±2) e fotoperíodo de 12 horas seguindo metodologia de Pissato (2015). A instalação ocorreu no dia 05 de junho de 2018. A contagem das sementes germinadas ocorreu com intervalo de 1 dia, durante um período de 80 dias, considerando-se sementes germinadas aquelas com 2 mm de radícula emitida metodologia de Hadas (1976). No final do experimento foi calculada a porcentagem de germinação (%), frequência relativa de germinação (%) e o IVG (índice de velocidade de germinação) seguindo metodologia de Maguire (1962).

Considerando os resultados do experimento I foram definidas as concentrações de GA₃ para o segundo experimento. No experimento II (com sementes coletadas em janeiro/2019) foi utilizado GA₃ (Giberelina) nas concentrações de 100 mg L⁻¹; 200 mg L⁻¹; 300 mg L⁻¹; 400 mg L⁻¹; 500 mg L⁻¹ e 600 mg L⁻¹, mais a testemunha (água deionizada), sendo as sementes colocadas em tubetes médios de polietileno

contendo substrato comercial Carolina Soil[®]. Seguiu-se o mesmo método de tratamento de semente do experimento I.

O ensaio foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, composto por sete tratamentos e quatro blocos, cada unidade experimental contendo nove sementes, totalizando 28 parcelas e 280 sementes. Os tubetes foram mantidos em casa de vegetação até o final do experimento. A instalação ocorreu no dia 08 de fevereiro de 2019. As plântulas emergidas foram contabilizadas a intervalo de 1 dia, durante 80 dias, onde a temperatura média do período foi de 22°C e o fotoperíodo de 12h09min. sob irrigação com microaspersão por 10 segundo em intervalos de 30 minutos.

Ao final do período de 80 dias foi calculada a porcentagem de emergência de plântulas (%), conforme Labouriau e Valadares (1976), utilizando as fórmulas $E = (N/A) \times 100$, onde N é o total de sementes emergidas e A é a quantidade de sementes que foram semeadas.

Foi calculado também, a frequência relativa de emergência e o Índice de Velocidade de Emergência (IVE), registrando-se a cada dois dias o número de plântulas emergidas, calculado pela fórmula proposta por Maguire (1962): $IVE = E1/N1 + E2/N2 + \dots + En/Nn$, onde: IVE= índice de velocidade de emergência; E1, E2, ... En= número de plântulas normais computadas na primeira contagem, na segunda contagem e na última contagem; N1, N2, ... Nn= número de dias da semeadura à primeira, segunda e última contagem.

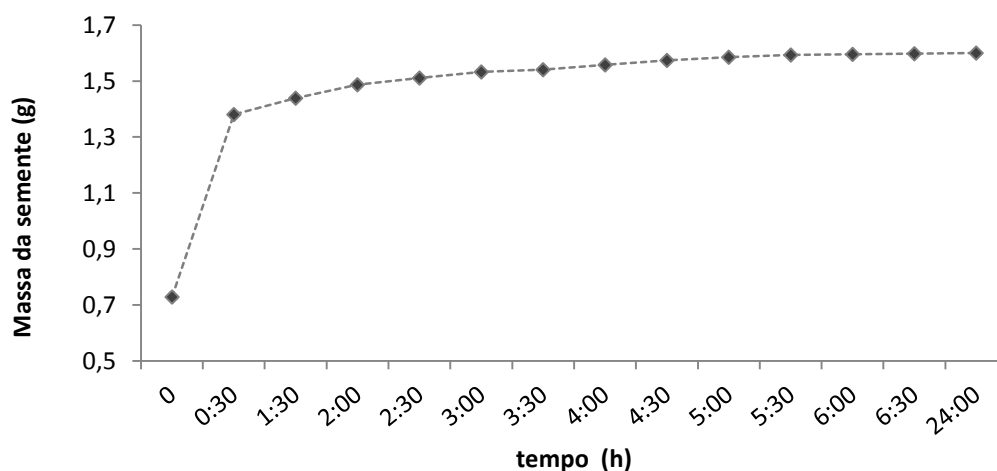
Decorrido o período de emergência de plântulas foram retiradas quatro plantas, aquelas que emergiram primeiro de cada tratamento, que foram separadas em parte aérea e raízes para avaliação da massa seca das plantas, após secagem em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 70°C.

Os dados foram submetidos à análise de variância (teste F), a 5% de probabilidade e foram realizadas análises de regressões polinomiais, adotando equações com maior coeficiente de determinação.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A embebição da semente de *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. acontece de forma rápida (figura 6), sendo que após 30 minutos do início da embebição em água deionizada já tinha atingido 87,5% da massa final, após estabilização do acúmulo de água. A partir de cinco horas do contato da semente com o substrato umedecido já não houve mais variação na massa, constatando assim, o final da primeira fase da embebição e da germinação, a fase de absorção de água.

Figura 6 – Curva de embebição de água de sementes de *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill., com base no ganho de massa fresca das sementes, expressa em gramas (g).



A curva de embebição de água pelas sementes, com suas fases de entrada de água, está relacionada com a elucidação do processo germinativo, sendo importante para a determinação da duração de tratamentos com reguladores vegetais e pré-hidratação (ALBUQUERQUE *et al.*, 2000; FERREIRA *et al.*, 2006; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Segundo Marcos Filho (2005) e Andrade *et al.* (2006), a germinação das sementes inicia-se com a embebição, que é o mecanismo de absorção de água.

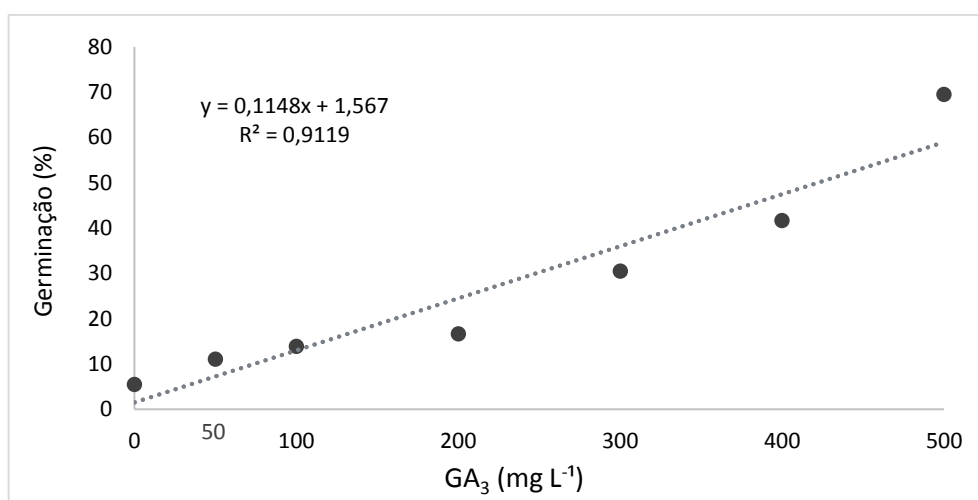
A absorção de água pelas sementes, durante o processo de germinação, é fundamental na retomada das atividades metabólicas e segue padrão trifásico na maioria das espécies, onde a primeira fase ocorre de forma rápida, devido à diferença de potencial hídrico, entre a semente e o substrato (MARCOS FILHO, 2005).

Ao absorver água os cotilédones da semente aumentam de volume, o que provoca o rompimento do tegumento, facilitando a emergência do eixo embrionário, hipocótilo radicular e demais estruturas internas da semente (BORGES *et al.*, 2009). Portanto, tendo iniciado o processo de embebição, resultará na germinação das sementes (MARCOS FILHO, 2005; ANDRADE *et al.*, 2006). A germinação constitui a fase do ciclo de vida que influencia diretamente na distribuição das plantas na natureza (SOUZA *et al.*, 2007).

Segundo Lorenzi (2008), a espécie *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. produz anualmente, quantidades moderadas de sementes viáveis; para obtê-las, os frutos devem ser colhidos quando iniciarem a queda espontânea. Na germinação das sementes faz-se necessário o cuidado com o umedecimento do substrato em que, segundo Melo *et al.* (2005), o excesso de umidade pode provocar o decréscimo no teor de oxigênio.

No experimento em BOD, as sementes começaram a germinar sete dias após a instalação do experimento, apresentando a germinação comportamento quadrático em relação à concentração de GA₃ estudadas, com a testemunha apresentando apenas 5,5% de germinação (figura 7).

Figura 7 – Valores médios de porcentagem de germinação (%) de sementes de *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill., tratadas com diferentes concentrações de GA₃. Botucatu – SP, 2019.



Coeficiente de variação (CV) = 22,3%.

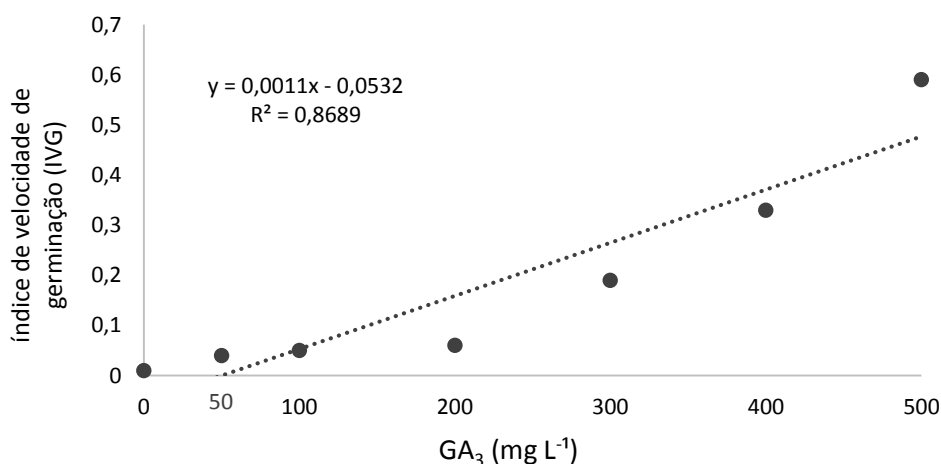
Foi necessário 500 mg L⁻¹ de GA₃ (T7) para obter 69,5% de germinação das sementes. Em sementes desta mesma espécie, Yahiro e Oryoji (1980) conseguiram

60% de germinação em sementes revestidas de mucilagen com 1000 mg L⁻¹ de GA₃, porcentagem de germinação semelhante ao deste trabalho, mas com metade da concentração de GA₃, mas no presente trabalho, as sementes estavam livres da mucilagem.

Os tratamentos com concentrações mais baixas de GA₃ (T2, T3 e T4) apresentaram germinação de apenas 11,1%, 13,9% e 16,7%, respectivamente, não diferindo estatisticamente entre si. Os tratamentos T5 e T6 (300 mg L⁻¹ e 400 mg L⁻¹) apresentaram germinação de 30,5% e 41,7%, respectivamente.

O índice de velocidade de germinação (figura 8) teve o mesmo comportamento da porcentagem de germinação, apresentando o maior IVG no tratamento com a maior concentração de GA₃, 500mg L⁻¹.

Figura 8 – Valores médios do índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. tratadas com diferentes concentrações de GA₃. Botucatu – SP, 2019.

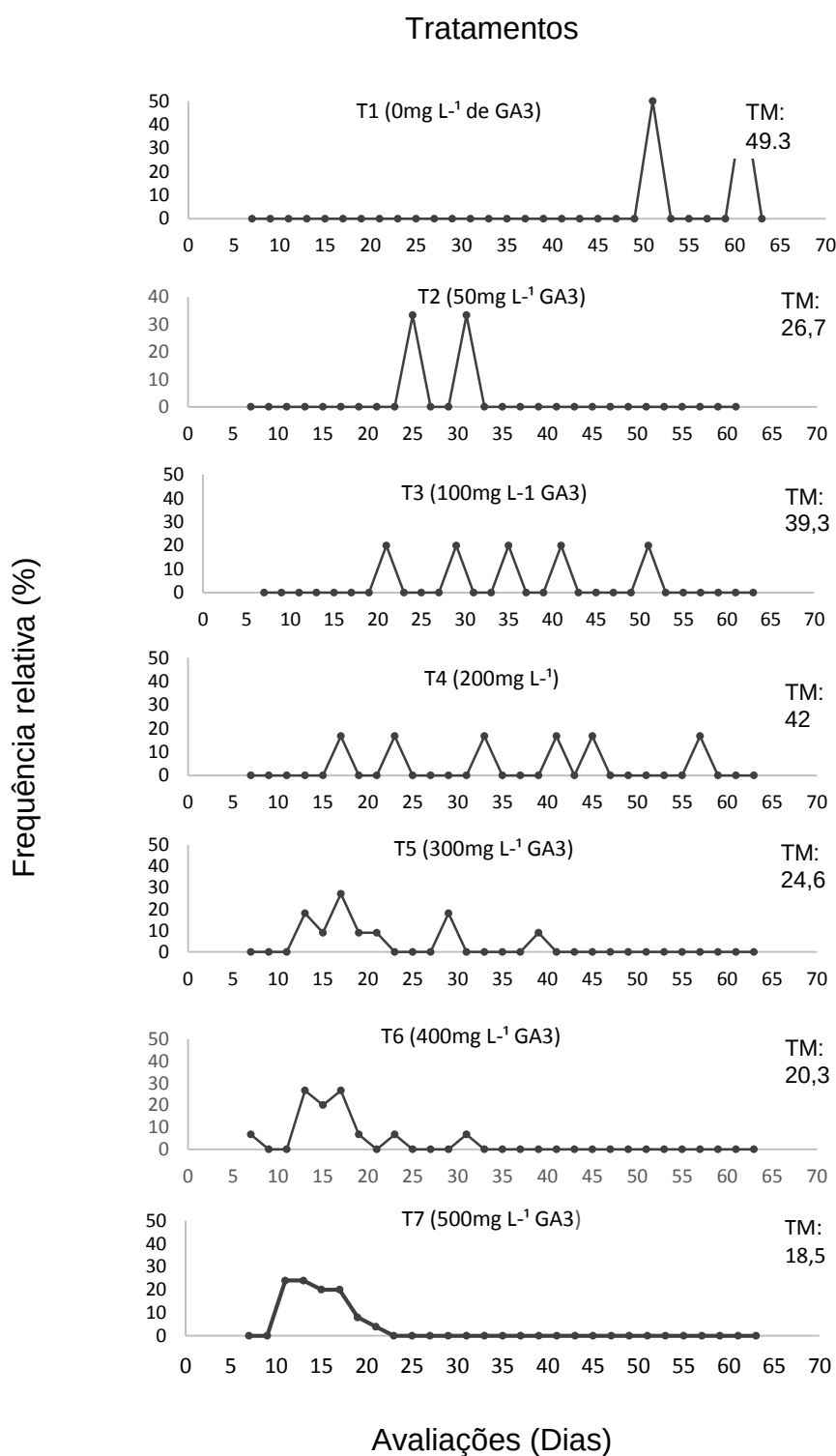


Coeficiente de variação (CV) = 28,4%.

No estudo com a mesma espécie testando superação de dormência Pissatto (2015) em Santa Maria (RS) relatou que sementes armazenadas em baixa temperatura (25°C ± 1°C) e tratadas com GA₃ (125 mg L⁻¹) apresentaram resultados superiores aos demais tratamentos, garantindo porcentagem de germinação de 82% e melhor índice de velocidade de germinação (0,88).

Na distribuição da frequência relativa (Figura 9) se observa variação para o tempo médio de germinação de sementes de *V. quercifolia* apresentando polígonos polimodais entre 18 e 49 dias para as diferentes concentrações de ácido giberélico.

Figura 9 – Frequência relativa (%) e tempo médio (TM), a partir do 1º dia de germinação de sementes de *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. com intervalos de 48 horas entre avaliações, até o último registro de emergência aos 63 dias após início do teste. Botucatu, SP, 2019.



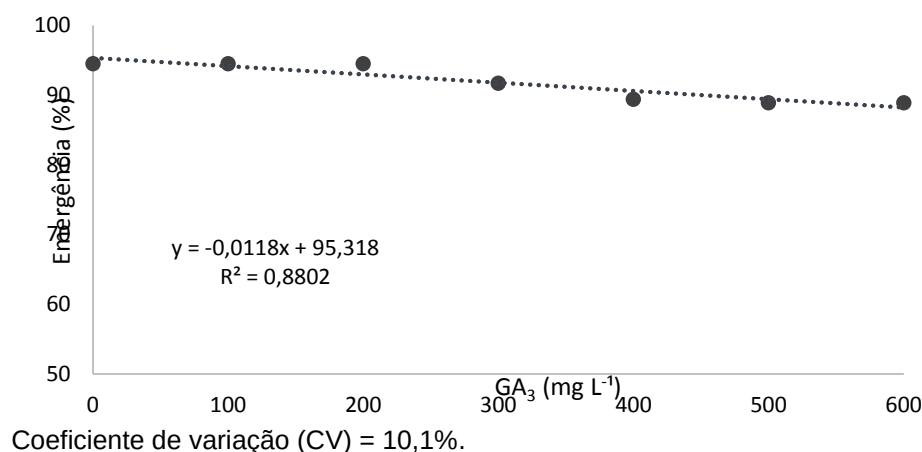
Com o aumento das concentrações de ácido giberélico, ocorreu deslocamento do tempo à esquerda da moda ocorrendo redução do tempo médio (t_m). A frequência relativa permite analisar a distribuição da germinação durante o período de avaliação do experimento. Assim, o melhor comportamento germinativo das sementes de *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. pelos polígonos de frequência relativa da germinação, pode ser constatado no tratamento 7 (500mg L⁻¹ GA).

Aoyama et al. (1996), estudando sementes de lavanda, e Ynoue et al. (1999), com kiwi, conseguiram aumentar significativamente a porcentagem de germinação, assim como diminuir o tempo médio de germinação, utilizando 100 e 150 mg L⁻¹ de GA, respectivamente. Resultados semelhantes foram obtidos por Aragão et al. (2001) com milho-doce e Leonel et al. (1998) estudando mamoeiro, utilizando 100 mg L⁻¹ de GA3 nos dois trabalhos.

A capacidade e a velocidade de germinação das sementes maduras são influenciadas por uma série de fatores que podem ser extrínsecos como a luz, temperatura, umidade, gases, substratos e reguladores vegetais ou intrínsecos, como grau de maturidade, morfologia, viabilidade do embrião e substâncias promotoras da germinação, como as giberelinas, podendo esses fatores agir entre si ou em interação (CARDOSO, 2004).

Para o experimento de emergência de plântulas em casa de vegetação e desenvolvimento inicial das plântulas (figura 10) obteve-se resultados diferentes do teste de germinação em BOD, isso provavelmente se deve ao fato das sementes terem sido coletadas em períodos diferentes. A emergência de plântulas teve início aos 11 dias após a semeadura, se estendendo até 65 dias da instalação do experimento. O experimento foi conduzido até os 80 dias após a semeadura, encerrando por motivo de não haver nenhum registro de emergência por período de 15 dias.

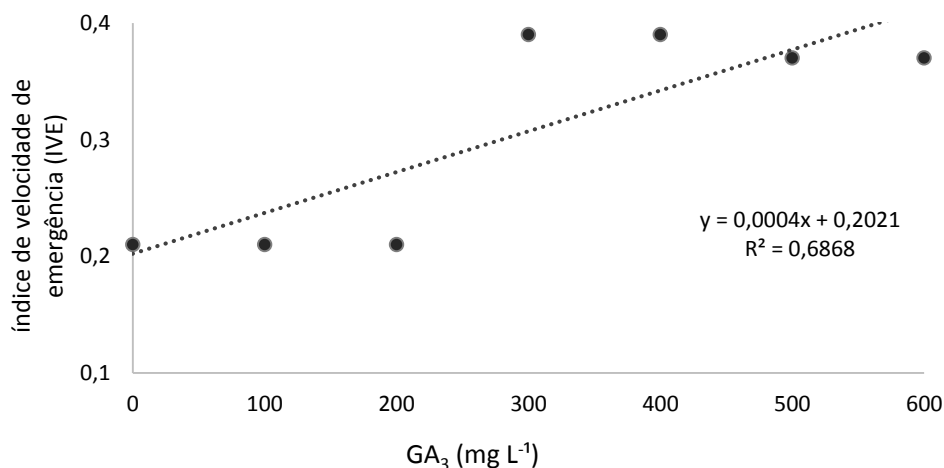
Figura 10 – Valores médios de emergência de plântulas de *Vasconcellea quercifolia* A. St.-Hill., tratadas com diferentes concentrações de GA₃. Botucatu – SP, 2019.



Os tratamentos com as diferentes concentrações de GA₃ não diferiram quanto às médias de porcentagem de emergência de plântulas e todos apresentaram resultados entre 88,9% e 94,5%. A testemunha que no experimento I apresentou apenas 5,5% de germinação em câmara BOD, em casa de vegetação no experimento II apresentou 94,5% de emergência de plântulas.

Knupp (2007), pesquisando sobre germinação e emergência de plântulas da espécie, constatou alta porcentagem de emergência de plântulas (76%), porém, de forma desuniforme. Fato este constatado neste experimento, onde o índice de velocidade de emergência (IVE) apresentou diferença no tempo de emergência de plântulas (figura 11).

Figura 11 – Valores médios do índice de velocidade de emergência (IVE) de plântulas de *Vasconcellea quercifolia* A. t.-Hill., tratadas com diferentes concentrações de GA₃. Botucatu – SP, 2019.



Coefficiente de variação (CV) = 14,9%.

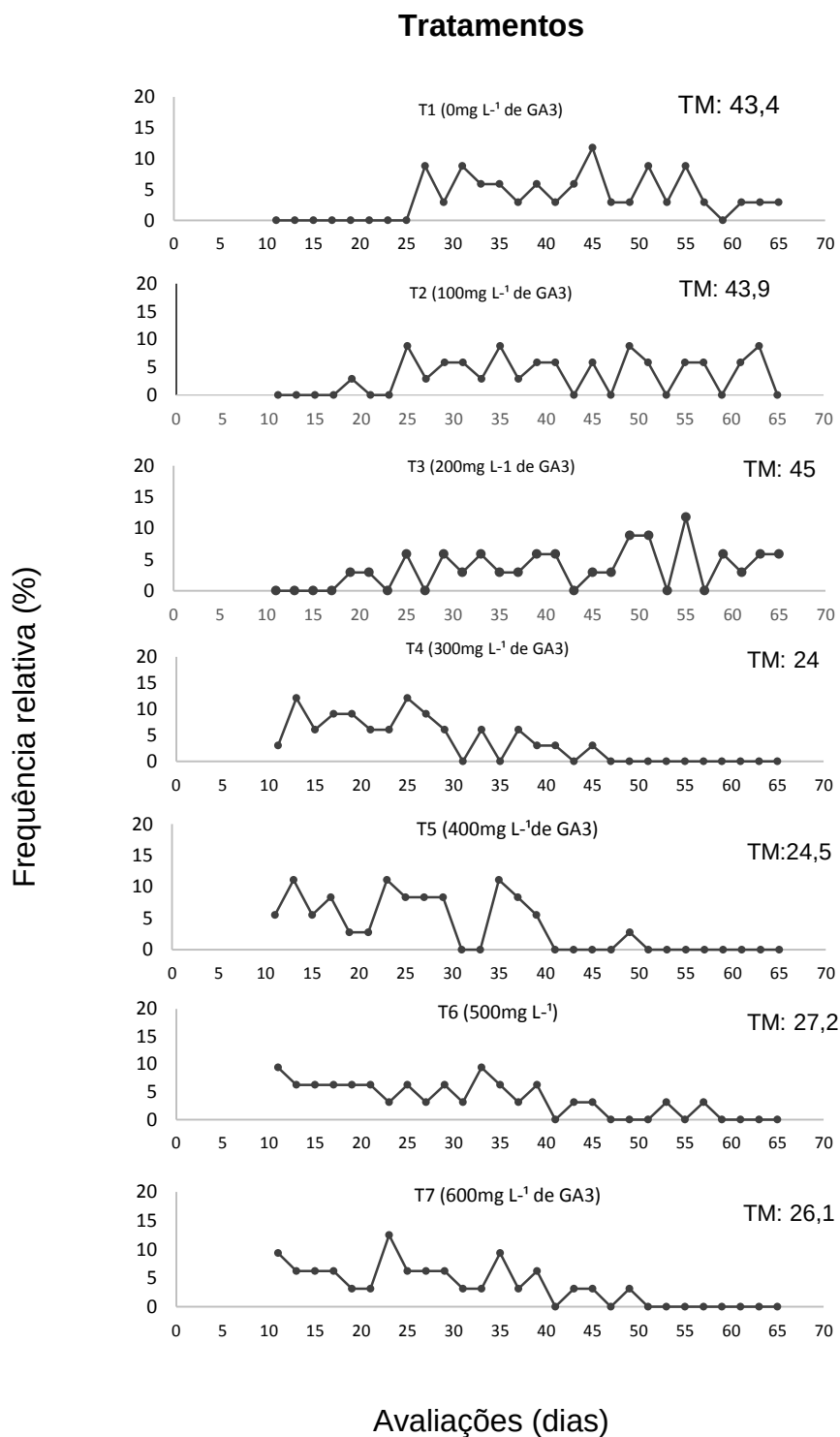
O melhor IVE (0,39) foi apresentado no tratamento com 300 mg L⁻¹ de GA₃ e germinou até os 45 dias. Este tratamento propiciou germinação mais rápida e mais uniforme, seguida do tratamento com 400 mg L⁻¹ de GA₃ com IVE de 0,36 e com 500 mg L⁻¹ de GA₃, IVE de 0,32. Os baixos valores de IVE representam o longo tempo de emergência da plântula, não havendo diferença significativa entre esses tratamentos.

Os tratamentos T1, T2 e T3, apresentaram os menores índices de velocidade de emergência (0,21), não diferindo entre si. Porém, apresentaram maior porcentagem de emergência; nestes tratamentos, ainda observou-se emergência de plântulas em torno dos 60 dias. Pissatto (2015) em teste de germinação em diferentes substratos, sem indutores da germinação, obteve os seguintes resultados: em vermiculita 77,3%, em areia 63,3% e em papel filtro 48%.

A espécie *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. é descrita por Lorenzi (2008) como uma espécie seletiva e higrófila, que cresce preferencialmente em encostas úmidas, beiras de córregos e várzeas. Isso pode explicar os resultados dos experimentos, já que o ambiente de casa de vegetação tem características mais próximas do ambiente no qual esta espécie se propaga naturalmente.

A distribuição das frequências relativas diárias (%) e tempo médio de emergência (TM) nas diferentes concentrações de ácido giberélico, apresentado na figura 12, mostra o deslocamento dos polígonos de frequência da emergência.

Figura 12 – Frequência relativa (%) e tempo médio (TM) a partir do 1º dia de emergência de plântulas de *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. com intervalos de 48 horas entre avaliações, até o último registro de emergência aos 65 dias após a semeadura. Botucatu, SP 2019.



Onde pode-se observar a lenta emergência de plântulas de *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill., sendo que no tratamento testemunha e nas concentrações 100 e 200mg L⁻¹ de GA₃ registrou-se maior tempo médio de germinação comparado aos demais tratamentos. O tratamento quatro (300mg L⁻¹ de GA₃) promoveu o menor tempo médio de germinação, 24 dias.

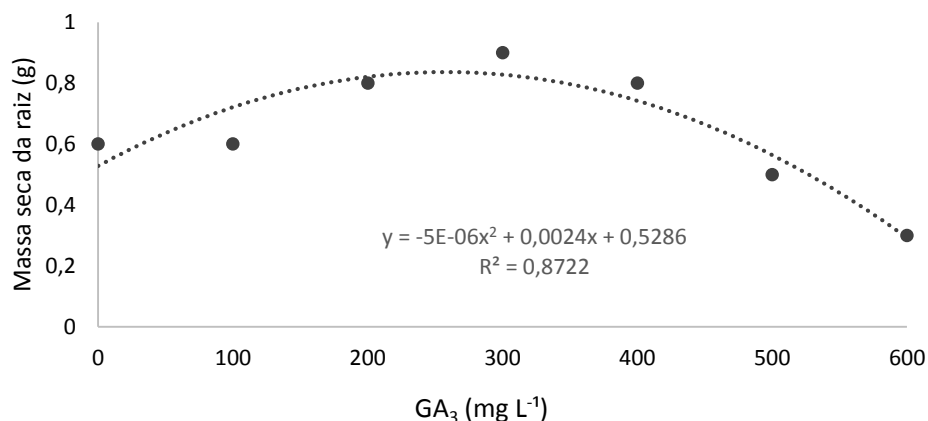
Em plantas superiores, a dormência e a germinação de sementes são complexos processos fisiológicos influenciados por muitos fatores, como a genética, fisiologia e bioquímica, que apontam a giberelina como uma das principais responsáveis para ativação das rotas metabólicas para iniciar esse processo (YAMAGUCHI; NAMBARA, 2006).

Para esta espécie são escassos os estudos de formas de propagação. Como se pode ver pelos resultados deste trabalho e na literatura consultada. Ainda não é possível definir uma recomendação de uma metodologia de germinação rápida e eficiente, pois apesar de apresentar alta porcentagem de germinação para alguns tratamentos, esta ocorre de forma lenta e desuniforme.

Dessa forma, há necessidade de novos estudos, talvez a associação de métodos, na busca de melhorar a velocidade de germinação desta espécie. A semente viável pode não germinar mesmo que todas as condições ambientais estejam satisfatórias. Isso caracteriza dormência de sementes que induz um retardo temporal na germinação (TAIZ; ZEIGER, 2013).

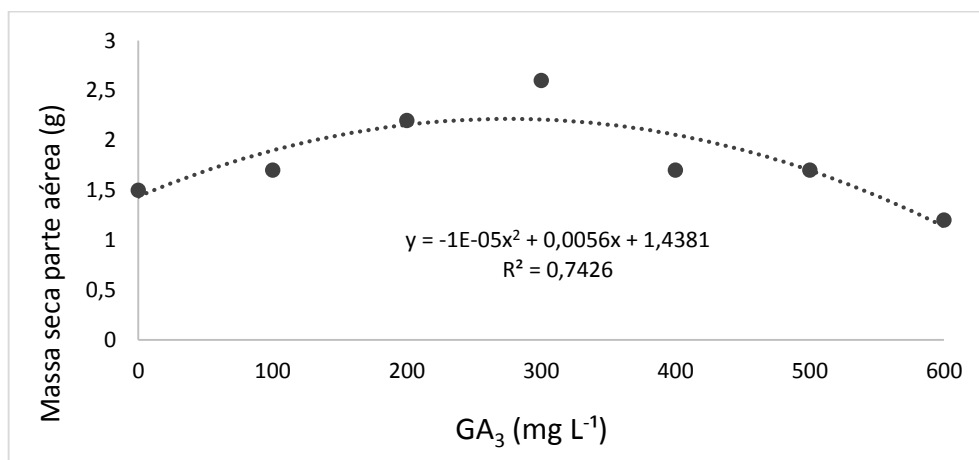
Em relação à massa seca da parte aérea e da raiz (figuras 13 e 14), os resultados demonstram que o desenvolvimento inicial da planta está de acordo com o índice de velocidade de emergência. As plantas dos tratamentos com maior IVE estavam mais desenvolvidas, enquanto os tratamentos de menor IVE apresentaram menor acúmulo de massa seca.

Figura 13 – Massa seca da raiz de plantas de *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill., resultantes de sementes tratadas com diferentes concentrações de ácido giberélico. Botucatu – SP, 2019.



Coeficiente de variação (CV) = 20,6%.

Figura 14 – Massa seca da parte aérea de plantas de *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill., resultantes de sementes tratadas com diferentes concentrações de ácido giberélico. Botucatu – SP, 2019.



Coeficiente de variação (CV) = 14,3%

CONCLUSÃO

A espécie é considerada de alto poder germinativo com germinação em período longo e desuniforme. O tratamento das sementes com GA₃ favoreceu a germinação das sementes em condições de câmara BOD.

Os melhores resultados obtidos foram em sementes tratadas com 300 mg L⁻¹ e 400 mg L⁻¹ de ácido giberélico, em casa de vegetação, levando-se em consideração fatores como tempo, logística e espaço de produção.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, M. C. F. et al. Absorção de água por sementes de *Crotalaria spectabilis* Roth determinada em diferentes temperaturas e disponibilidade hídrica. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, p. 206-215, 2000.
- ANDRADE, R. A. et al. Embebição e germinação de sementes de Camu- camu. **Acta scientiarum agronomy**, p. 499-501, 2006.
- AOYAMA, E.M.; ONO, E.O.; FURLAN, M.R. Estudo da germinação de sementes de lavanda (*Lavandula angustifolia* Miller). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 53, n. 2/3, maio 1996. Disponível em: Acesso em: 10 ago. 2020.
- ARAGÃO, C. A. et al. Fitorreguladores na germinação de sementes e vigor de plântulas de milho superdoce. **Revista Brasileira de Sementes**, Viçosa, MG, v. 23, n. 1, p. 62-67, 2001.
- ARAGÃO C. A. et al. Germinação e vigor de sementes de melancia com diferentes ploidias submetidas a tratamentos pré-germinativos. **Revista Brasileira de Sementes**. 28(3):82-86, 2006.
- BORGES, R. C. F. et al. Caracterização da curva de embebição de sementes de pinhão-manso. **Revista científica eletrônica de engenharia florestal**, v. 8, n.13, p.1-8, 2009.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília : Mapa/ACS, 2009. 399 p
- CARDOSO, V.J.M. 2004. **Germinação**, In: KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, p. 386-408, 2004.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J.; **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: Funep, 2012. 590 p.
- CAVALCANTE, A. M. B.; PEREZ, S. C. J. G. A. Efeitos da escarificação química, luz e pH na germinação de sementes de *Leucaena leucocephala* Lam (De Wit). **Revista Ceres**, Viçosa: v. 43, n. 248, p.370-381, 1996.
- DAVIES, P. J. Plant hormones. Biosynthesis, signal transduction, action. Kluwer **Academic Publishers**. Dordrecht, 2004. 750p.
- FERREIRA, G. et al. Curva de absorção de água em sementes de atemoia (*Annona cherimola* Mill. X *Annona squamosa* L.) cv. gefner. **Revista Brasileira Fruticultura**, v.28, n. 1, p. 121-124, 2006.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA & INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica no período de 2005–2008**. Fundação SOS Mata Atlântica e INPE, São Paulo, 2019. 35p

HADAS, A.. Water uptake & germination of leguminous seeds under changing external water potential in osmotic solutions. **J. Exp. Bot.** 27: 480-489, 1976.

KINUPP, V. F. Plantas **alimentícias não-convencionais da região metropolitana de Porto Alegre, RS.** 2007. 562 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia), Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.

LABOURIAU, L.G.; VALADARES, M.B. On the physiology of seed of *Calotropis procera*. **Anais da Academia Brasileira de Ciência**, v.42, n.2, p.235-264, 1976.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal.** 3ª ed. Editora RiMa. São Carlos – SP, 2006. 529 p.

LEONEL, S.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J. D. Influência da alternância de temperaturas e tratamentos com GA₃, na germinação de sementes de mamoeiro. Semina: **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 19, n. 1, p. 68-72, 1998.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** 5.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, v.1, 2008. 368p.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination - aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science** 2:176-177, 1962.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas.** Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p

MELO, R. R. et al. Efeitos de diferentes substratos na germinação de sementes de angico (*Anadenanthera columbrina* (Vell) Brenan). **Revista científica eletrônica de engenharia florestal**, v.5, n.8, p 1-8, 2005.

MORAES, C.R.A. et al. **Fisiologia da Germinação e Dominância Apical.** In: Castro, P.R.C. et al. (eds.) Introdução à fisiologia do desenvolvimento Vegetal. Maringá: Eduem, 2002. 396p.

PISSATTO, M. **Comportamento germinativo das sementes de *Vasconcellea quercifolia* A. St. -Hill., (Caricaceae).** 2015. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

SIAR, S.V. et al. Papaya ringspot vírus resistance in *carica papaya* via introgression from *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill.. **Euphytica**, 18: 159-168, 2011.

SOUZA, E. B. et al. Germinação de sementes de *adenanthera pavonina* L. em função de diferentes temperaturas e substratos. **Revista Árvore**, v.31, n.3, p.437-443, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal.** 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 786p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal.** 4. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 820 p.

YAHIRO, M.; ORYOJI, Y. Effects of gibberellin and cytokinin treatments on the promotion of germination in papaya, *Carica papaya* L. seeds. **Memorial Faculty Agriculture Kogoshima University**, Kagoshima, v.16, n.1, p.45-51, 1980.

YAMAGUCHI, S.; NAMBARA, E. Seed development and germination. In: HEDDEN, P.; THOMAS, S. G. **Plant hormone signaling**. Oxford: Blackwell Publishing, 2006. p.311-338.

YNOUE, C. K.; ONO, E. O.; MARCHI, L. de O. S. Efeito do GA3 na germinação de sementes de kiwi (*Actinidia chinensis* Planch.). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 1, 1999. Disponível em: Acesso em: 25 ago 2020.

CAPÍTULO 3

DESEMPENHO ECOFISIOLÓGICO DA ESPÉCIE *Vasconcellea quercifolia* A. St.-Hill.

RESUMO

Este estudo teve como objetivo caracterizar o desempenho ecofisiológico da espécie *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. Avaliou-se o comportamento das trocas gasosas, peroxidação de lipídios, teor de peróxido de hidrogênio e atividade de enzimas antioxidantes (catalase - CAT, superóxido dismutase - SOD e peroxidase-POD) dentro das fenofases vegetativas e reprodutivas da espécie e atividade. As avaliações de trocas gasosas foram realizadas utilizando-se equipamento com sistema aberto de fotossíntese com analisador de CO₂ e vapor d'água por radiação infravermelha. As análises bioquímicas foram realizadas no Laboratório de Fisiologia Vegetal II, localizado no Departamento de Botânica, do Instituto de Biociências, UNESP – Botucatu – SP. As plantas apresentaram menor taxa de assimilação de CO₂ nas fenofases frutificação e queda foliar, indicando que a alta condutância estomática não proporcionou alta eficiência na carboxilação, porém, promoveu intensificação na transpiração registrando as maiores médias para este período. Apesar da baixa condutância estomática, houve alta taxa de assimilação de CO₂ e alta atividade da enzima ribulose bifosfato-carboxilase (Rubisco) nas fenofases brotação e floração. A peroxidação lipídica aumentou naturalmente do início para o final do ciclo fenológico, ocasionando danos às membranas, levando à senescência foliar e a queda total das folhas. A maior concentração de peróxido de hidrogênio foi registrada na fenofase frutificação. A atividade da SOD foi maior, durante o período de brotação. A CAT teve registrada maior atuação na brotação, seguidas da floração e frutificação. A POD teve maior atividade na frutificação e queda foliar, atuando na degradação do H₂O₂, reduzindo a concentração deste nas folhas. A concentração de compostos fenólicos foi maior no estágio de frutificação, seguido de queda foliar, sendo a menor concentração verificada na fenofase brotação.

Palavras chaves: bioquímica, trocas gasosas, fenofases

CHAPTER 3

ECOPHYSIOLOGICAL PERFORMANCE OF THE SPECIES *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. A.ST.-HILL.

ABSTRACT

This study aimed to characterize the ecophysiological behavior of the species *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. The presence and intensity of the vegetative and reproductive phenophases of the species on gas exchange, lipid peroxidation, hydrogen peroxide and antioxidant enzymes (CAT, SOD, POD) were evaluated. The gas exchange evaluations were carried out using equipment with an open photosynthesis system with a CO₂ analyzer and water vapor by infrared radiation. Biochemical analyzes were performed in the plant physiology laboratory II, located in the Department of Botany, at the Institute of Biosciences, UNESP - Botucatu-SP. The plants showed a lower rate of CO₂ assimilation, in the fruiting and leaf fall phenophases, indicating that the high conductance did not provide high efficiency in carboxylation, however it promoted intensification in transpiration registering the highest averages for this period. Despite the low conductance, there was high CO₂ assimilation and high activity of the rubisco enzyme in the budding and flowering phenophases. Lipid peroxidation naturally increased from the beginning to the end of the phenological cycle, degrading the membranes and causing leaf senescence and the total fall of the leaves of the species. The highest concentration of hydrogen peroxide was recorded in the fruiting phenophase. SOD showed greater activity during the sprouting period. CAT had a greater performance in the sprouting, followed by flowering and fruiting, where the averages did not differ among themselves. POD had greater activity in fruiting and leaf fall, acting on the degradation of H₂O₂, reducing its concentration in the leaves. Phenolic compounds are present in greater quantity in the fruiting stage, followed by leaf fall, with the lowest concentration observed in the sprouting phenophase.

Keywords: biochemistry, gas exchange, phenophase.

3.1 INTRODUÇÃO

A espécie *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. é tradicionalmente utilizada no preparo de doces. O parênquima medular dos ramos e do tronco principal é uma das partes da planta utilizadas neste procedimento. No Rio Grande do Sul o doce é denominado doce-de-jaracatiá ou doce-de-pau-ralado (LORENZI, 2008; KINUPP; LORENZI, 2014). Seus frutos também podem ser consumidos *in natura* ou utilizados como matéria prima na elaboração de sucos, geléias, doces, licores e outras formas de uso (QUEVEDO, 2014).

Apresenta importantes características fisiológicas de interesse ao melhoramento genético, como tolerância a baixas temperaturas e resistência a muitas doenças que afetam o desenvolvimento de culturas da mesma família (BIONDO *et al.*, 2013). Por exemplo, como resistência ao “*papaya ring spot virus*” (PRSV-P), vírus causador de uma das principais doenças do mamoeiro (COSTA, 2008).

O monitoramento da fotossíntese, condutância estomática e transpiração, junto com as variações climáticas, permitem compreender como determinada espécie interage com os recursos ambientais disponíveis e a interferência desses recursos do desenvolvimento da planta (PEREIRA *et al.*, 1986). A luz e a água são os principais fatores do ambiente que regulam o processo de abertura estomática e esse mecanismo controla as trocas gasosas em plantas superiores (MARENCO; LOPES, 2005).

Segundo Larcher (2006), a capacidade fotossintética é uma característica intrínseca de cada espécie vegetal, sendo que as trocas gasosas mudam durante o ciclo do desenvolvimento do indivíduo e dependem do curso anual e até mesmo do curso diário das flutuações ambientais (luz, temperatura etc.) em torno do vegetal.

É necessário o conhecimento dos processos evolutivos e ecológicos, para o entendimento das adaptações das plantas. Variações na atividade das enzimas, peroxidação de lipídios e a remoção de radicais livres constitui uma análise eficiente para monitorar as alterações bioquímicas das plantas. Os radicais superóxidos (O_2^-) podem ser produzidos em decorrência de diversas perturbações ambientais como, por exemplo, excesso de luz, seca, temperaturas elevadas, herbicidas, infecções causadas por patógenos e ozônio (NEUBAUER; YAMAMOTO, 1992).

Caso não sejam rapidamente eliminados do metabolismo, os radicais livres podem reagir com ácidos graxos insaturados, causando sua peroxidação na

membrana plasmática, nas membranas de organelas e em todo o sistema de endomembranas (SCANDALIOS, 1993).

Quando as plantas sofrem algum estresse, abiótico ou biótico, os principais pontos de produção das espécies reativas de oxigênio (ERO) são os cloroplastos e as mitocôndrias, pois são organelas com alta atividade de oxidação metabólica ou com intenso fluxo de elétrons (GILL; TUTEJA, 2010).

O mecanismo de defesa antioxidante consiste em defesa primária, formada por substâncias como as enzimas antioxidantes, quelantes e proteínas que impedem a produção de espécies reativas ou sequestram-nas para impedir sua interação com alvos celulares e substâncias não enzimáticas como urato, ascorbato, albumina, bilirrubina e carotenoides que sequestram radicais superóxido e hidroxila, ou, suprimem oxigênio singlete (BOF, 2012; GORDON, 2012).

Existe uma variedade de enzimas oxidativas que atuam na neutralização de espécies reativas de oxigênio; dentre elas temos a superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), peroxidase (POD), entre outras, que compõem o sistema de defesa primário da planta (MITTLER, 2002). O H_2O_2 é a principal espécie reativa de oxigênio que aciona moléculas para a indução de genes de defesa e a polimerização de proteínas que compõe a parede celular, além de estimular a produção de enzimas antioxidativas ou de limpeza (LUKASIK, 2017).

Já os compostos fenólicos constituem um grupo bastante heterogêneo do ponto de vista metabólico. As duas rotas metabólicas básicas são: a rota do ácido malônico e a do ácido chiquímico, sendo esta última participante na biossíntese da maioria dos fenóis vegetais (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Os diversos compostos fenólicos (ácidos fenólicos, flavonoides e taninos) são os mais amplamente distribuídos no reino vegetal e que podem apresentar efeitos biológicos, como ação anti-inflamatória, antimicrobiana, hipolipidêmica, anticarcinogênica, inclusive atividade antioxidante; entretanto, sua concentração varia de uma planta à outra, e na mesma planta pode variar nos diferentes órgãos (SULTANA; ANWAR, 2008).

Este estudo teve como objetivo caracterizar o desempenho ecofisiológico em uma população natural da espécie *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill..

3.2 MATERIAL E METODOS

A pesquisa foi realizada na fazenda Lageado da Faculdade de Ciências Agronômicas – FCA/UNESP, Botucatu – SP, localizada sob as coordenadas 22° 51' S de latitude, 48° 26' W de longitude e 786 m de altitude. A amostra foi composta por indivíduos que ocorrem de forma natural e compõe a vegetação local. As amostras foram separadas em blocos inteiramente casualizados. Todos os indivíduos que compuseram a amostra foram devidamente identificados e numerados de acordo com o delineamento adotado.

Para realização das coletas e análises foram selecionadas cinco plantas sincrônicas e de tamanho homogêneo cada planta correspondia um bloco. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC). As avaliações de trocas gasosas e coletas para determinação de atividade enzimática foram realizadas uma vez a cada fenofase, quando a planta atingia o número 4 da escala de Fournier nas datas de: 03 de outubro de 2018; 21 de novembro de 2018; 09 de janeiro de 2019 e 13 de março de 2019. O Índice ou escala de Fournier (FOURNIER, 1974) possibilita estimar a intensidade das fenofases a partir de observações visuais, em uma escala intervalar, atribuindo-se os valores 0 (ausência), 1 (até 25%), 2 (até 50%), 3 (até 75%) e 4 (até 100%).

Os dados obtidos para as variáveis estudadas foram submetidos à análise de variância (Anava) e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância, utilizando o software estatístico Sisvar (versão 5.6).

Também foi realizada a análise de correlação de Pearson (r) entre os dados obtidos, utilizando o programa Minitab® 2017. As análises foram realizadas para cada variável separadamente.

Trocas gasosas

As avaliações de trocas gasosas e a curva de luz, foram realizadas utilizando-se equipamento com sistema aberto de fotossíntese com analisador de CO₂ e vapor d'água por radiação infravermelha ("*Infra Red Gas Analyser* – IRGA", modelo LI-6400, LI-COR).

As características de trocas gasosas analisadas foram: taxa de assimilação de CO₂ (A , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$), taxa de transpiração (E , $\mu\text{mol vapor d'água m}^{-2}\text{s}^{-1}$),

condutância estomática (g_s , $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) e concentração interna de CO_2 na folha (C_i , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ ar}$). Essas características foram calculadas pelo programa de análise de dados do equipamento medidor de trocas gasosas, que utiliza a equação geral de trocas gasosas de Von Caemmerer e Farquhar (1981).

As medidas foram calculadas a partir da diferença entre a concentração de CO_2 e o vapor d'água do ar de referência (valor presente na câmara sem a folha) e da amostra (valor com a folha presente na câmara), obtendo-se as concentrações de vapor d'água e CO_2 que foram liberados (transpiração – vapor d'água) e assimilados (assimilação de CO_2), através dos estômatos foliares.

Análises bioquímicas

O material coletado foi colocado em sacos plásticos, embrulhado em papel alumínio e, imediatamente, submetido ao congelamento em nitrogênio líquido, para que fossem paralisadas todas as suas reações. As folhas coletadas foram trituradas em nitrogênio líquido até obtenção de um pó fino.

A peroxidação de lipídios (TBAR) foi determinada de acordo com técnica descrita por Rama Devi e Prasad (1998). Foram utilizadas 300 mg de folhas frescas trituradas e congeladas. O material vegetal foi homogeneizado em 5 mL de solução contendo ácido tiobarbitúrico (TBA) 0,25% e ácido tricloroacético (TCA) 10%.

A solução extraída foi levada ao banho-maria a 90°C por 60 minutos. Após o resfriamento, as amostras foram centrifugadas a $10000 \times g$ por 15 minutos à temperatura ambiente (25°C). Em seguida, foi retirado o sobrenadante e submetido a leituras de absorbância em espectrofotômetro a 560 e 600 nm. Para os cálculos utilizou-se o coeficiente de extinção molar do malondialdeído ($155 \mu\text{mol L}^{-1} \text{ cm}^{-1}$).

Para extração enzimática foi pesado 200 mg do material vegetal. O extrato enzimático foi obtido através da metodologia proposta por Kar e Mishra (1976). Utilizou-se 200 mg de folhas frescas congeladas, homogeneizadas em 4 mL de tampão fosfato de potássio (0,1M, pH 6,8) gelado. As amostras homogeneizadas foram centrifugadas a $10000 \times g$ por 10 minutos a 4°C , em seguida, foi retirado o sobrenadante. O extrato obtido foi separado em microtubo do tipo Eppendorf e armazenado a -20°C .

A atividade da superóxido dismutase (SOD, EC 1.15.1.1) foi determinada de acordo com metodologia descrita por Beauchamp e Fridovich (1971). O sistema de

reação foi preparado ao abrigo da luz e composto por 50 μL de extrato enzimático e 2950 μL de solução tampão fosfato de potássio (50 mmol L^{-1} , pH 7,8) + metionina (13 $\mu\text{mol L}^{-1}$) + cloreto de azul de *p*-nitrotetrazólio (NBT, 75 $\mu\text{mol L}^{-1}$) + riboflavina (2 $\mu\text{mol L}^{-1}$) + EDTA (100 nmol L^{-1}), totalizando um volume final de 3000 μL .

A reação foi conduzida à temperatura ambiente sob iluminação por 5 minutos. A inibição na redução fotoquímica do NBT foi avaliada em espectrofotômetro a 560 nm, a atividade específica da enzima foi expressa em U mg^{-1} de proteína.

A atividade da catalase (CAT, EC 1.11.1.6) foi determinada de acordo com metodologia proposta por Peixoto (1999). O sistema de reação foi composto por 100 μL de extrato enzimático e 1900 μL de solução tampão fosfato de potássio (50 mmol L^{-1} , pH 7,0), suplementado com peróxido de hidrogênio (H_2O_2 , 12,5 mmol L^{-1}), totalizando um volume final de 2000 μL .

A reação foi conduzida à temperatura ambiente por 80 segundos. As leituras de absorbância foram realizadas em espectrofotômetro a 240 nm, aos 0 e 80 segundos, a fim de verificar o decréscimo na absorbância. Para calcular a atividade específica da enzima foi utilizado o coeficiente de extinção molar do H_2O_2 (39,4 $\text{mmol L}^{-1} \text{cm}^{-1}$) e a atividade da catalase expressa em $\mu\text{Kat } \mu\text{g}^{-1}$ de proteína.

A atividade da peroxidase (POD, EC 1.11.1.7) foi determinada de acordo com metodologia proposta por Teisseire e Guy (2000). O sistema de reação foi composto por 30 μL de extrato enzimático, 500 μL de tampão fosfato de potássio (50 mmol L^{-1} , pH 6,5), 250 μL de pirogalol (1,2,3-benzenotriol 20 mmol L^{-1}) e 220 μL de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) 5 mmol L^{-1} , totalizando um volume final de 1000 μL .

A reação foi conduzida à temperatura ambiente por 5 minutos. A formação de purpurogalina foi medida em espectrofotômetro a 430 nm. Para calcular a atividade específica da enzima foi utilizado o seu coeficiente de extinção molar (2,5 $\text{mmol L}^{-1} \text{cm}^{-1}$) e expresso em $\mu\text{mol de purpurogalina min}^{-1} \text{mg}^{-1}$ de proteína.

Para o cálculo da determinação da atividade das enzimas se faz necessário saber quanto de proteínas totais contém cada amostra: para isto, a quantificação de proteínas totais no extrato foi determinada de acordo com metodologia proposta por Bradford (1976).

O sistema de reação foi composto por 100 μL de extrato enzimático e 5000 μL do reativo de Bradford. A reação foi conduzida à temperatura ambiente durante 15 minutos, sendo a absorbância medida em espectrofotômetro a 595 nm. Foi utilizada solução de caseína para confecção da curva padrão.

Peróxido de hidrogênio: a determinação de H_2O_2 foi realizada através de metodologia proposta por Alexieva (2001). Para determinação do conteúdo de H_2O_2 foram pesadas de 100 a 250 mg do material vegetal fresco e triturado em cadinho com nitrogênio líquido. Para cada amostra foi adicionado 1 mL de TCA 0,1% e homogeneizado em vórtex e, em seguida, centrifugadas a 12.000 rpm por 15 minutos a 4°C. O sobrenadante foi retirado para imediatamente ser submetido à reação.

Para a reação química utilizou-se 0,5 mL do extrato vegetal mais 0,5 mL de tampão fosfato de potássio 0,1M (pH 7,0), mais 2 mL de KI 1M. A reação foi incubada no escuro por uma hora e, em seguida, realizada leitura em espectrofotômetro a 360 nm. A concentração de H_2O_2 foi calculada através da equação da curva padrão calculando-se a razão entre o conteúdo de H_2O_2 e a massa fresca das amostras.

Compostos Fenólicos: a quantificação de compostos fenólicos totais foi realizada pelo método de Folin-Ciocalteu descrito por Singlenton (1999), com adaptações. Para a extração foram trituradas e pesadas 0,05 g de folha de *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. e, em seguida, transferidos para tubos Falcon, onde se adicionou 10 mL de metanol a 80%. A mistura foi levada ao banho ultrassônico por 1 hora e, posteriormente, à centrífuga por 10 minutos.

A partir dos extratos obtidos foi pipetado em tubo de ensaio 0,5 mL da amostra, 2,5 mL de reagente diluído em água 1:10. Após 5 minutos, foi adicionado 2 mL de solução de carbonato de sódio a 4%, sendo os tubos rapidamente agitados e deixados em repouso por 2 horas ao abrigo de luz.

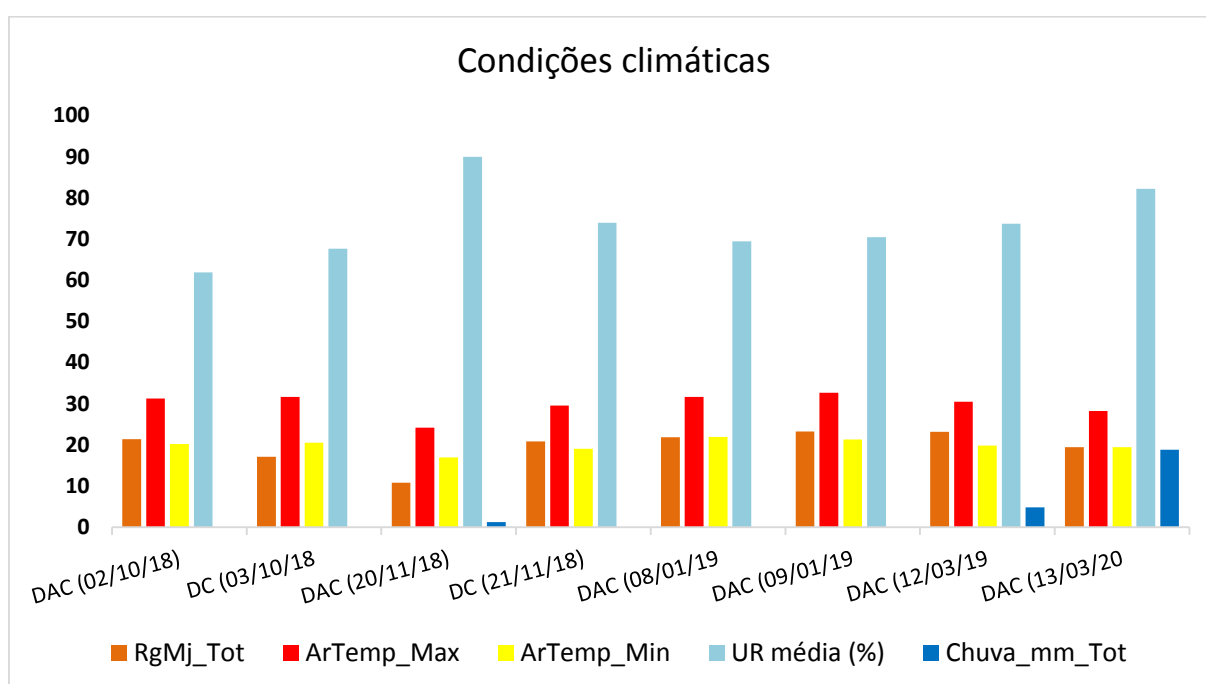
A absorbância foi medida em espectrofotômetro no comprimento de onda de 760 nm. A determinação da concentração de compostos fenólicos totais foi obtida pela plotagem das absorbâncias das amostras na equação da curva de calibração, confeccionada utilizando como padrão sintético o ácido gálico nas concentrações de 0,2 a 1 mg mL⁻¹. Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico por 100 g de amostra fresca de folhas.

Todas as análises acima descritas foram realizadas no Laboratório de Fisiologia Vegetal II, do Departamento de Botânica, do Instituto de Biociências, Unesp – Botucatu- SP.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições climáticas podem determinar o comportamento fisiológico nas plantas de acordo com a intensidade de cada evento, na figura 15 constam as médias meteorológicas dos fatores climáticos para o dia da avaliação e o dia anterior à coleta de dados.

Figura 15 – Dados climáticos da data anterior à coleta (DAC) e data da coleta (DC), de folhas para análise bioquímica e de troca gasosa em plantas de *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill., Botucatu – SP, 2019.



Dias com radiação elevada promovem aumento da transpiração. O aumento da radiação está relacionado com o aumento da temperatura foliar e com isso, a planta aumenta a transpiração. O aumento da precipitação, devido à redução da radiação, diminui a taxa de assimilação de carbono e com isso promove redução da atividade carboxilase da Rubisco (A/Ci).

Altas temperatura diminuem a atividade carboxilase da Rubisco e aumentam a atividade oxigenase e, conseqüentemente diminuem a assimilação de carbono (A). A alta umidade do ar (UR%) aumenta a condutância estomática (gs) e diminui a transpiração (E), pois diminui a diferença da pressão de vapor entre a atmosfera e a folha.

Análise de correlação de Pearson (*r*)

Cada teste de correlação apresenta um coeficiente individualizado, que demanda uma interpretação própria. De forma geral, para os coeficientes (*r*) de Pearson, valores entre 0 e 0,3 (ou 0 e -0,3) são biologicamente desprezíveis; entre 0,31 e 0,5 (ou -0,31 e -0,5) são correlações fracas; entre 0,51 e 0,7 (ou -0,51 e -0,7) são moderadas; entre 0,71 e 0,9 (ou -0,71 e -0,9) são correlações fortes; e > 0,9 (ou < -0,9) são consideradas muito fortes (MUKAKA, 2012). A tabela 4 apresenta os coeficientes de correlação entre as variáveis de clima e trocas gasosas.

Tabela 4 – Correlação de Pearson entre temperatura média (°C), umidade relativa (%), precipitação (mm), radiação (MJ/m²), Taxa de assimilação de CO₂ (*A*, μmol m⁻² s⁻¹), condutância estomática (*g_s*, mol m⁻² s⁻¹), concentração interna de CO₂ na folha (*C_i*, μmol mol⁻¹), taxa de transpiração (*E*, mmol m⁻² s⁻¹), Eficiência do uso da água (*A/E*, μmolCO₂ (mmol H₂O)⁻¹) e eficiência de carboxilação (*A/C_i*) em plantas da espécie *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill., nas fenofases vegetativas e reprodutivas, Botucatu-SP, 2019.

Variável	<i>A</i>	<i>g_s</i>	<i>C_i</i>	<i>E</i>	<i>A/C_i</i>	<i>A/E</i>
Temp. máx (°C)	-0,64 ^{ns}	0,34*	0,08 ^{ns}	0,51*	-0,46*	-0,78**
Temp. mín (°C)	-0,58*	0,52**	0,26*	0,66**	-0,75*	-0,80**
Fotoperíodo (h)	0,76*	0,30 ^{ns}	0,26*	0,17 ^{ns}	0,23*	0,41 ^{ns}
Radiação (MJ/m ²)	0,44*	0,60**	0,50*	0,73**	0,13 ^{ns}	0,53*
Umidade rel. (%)	0,51*	0,11 ^{ns}	0,37 ^{ns}	-0,07*	0,06 ^{ns}	0,51*
Precipitação (mm)	-0,60*	0,72*	0,82**	0,71*	-0,90**	0,65*

* Significativa para a 5%, ** Significativa para a 1% de probabilidade, ns– não significativo, pela análise de correlação de Pearson

A correlação existente entre as características climáticas e trocas gasosas foi negativa entre a taxa de assimilação de CO₂ (*A*) com temperatura máxima, temperatura mínima (°C) e precipitação (mm), o que significa dizer que o aumento da temperatura, assim como a frequência das chuvas ocasiona redução na assimilação líquida de carbono (*A*), porém maiores fotoperíodos promovem maior atividade da enzima rubisco.

Ao longo do dia, além da luminosidade, o potencial hídrico e a variação no déficit de pressão de vapor do ar (DPV) (SINGSAAS *et al.*, 2000) são fatores que mais influenciam no processo da fotossíntese. O aumento da temperatura diminui a

atividade carboxilase da Rubisco e aumenta a atividade oxigenase e, consequentemente diminui a A.

A condutância estomática (g_s) correlaciona-se positivamente com as quatro variáveis ambientais analisadas. Tanto em arvoretas como em árvores de dossel, outro fator que pode influenciar a fotossíntese é de caráter endógeno, associado ao funcionamento de relógio biológico (DOUGHTY *et al.*, 2008). Mendes e Marengo (2014) observaram que no seu ambiente natural, folhas de arvoretas iluminadas artificialmente iniciam o processo de abertura de estômatos antes do amanhecer evidenciando a participação de um relógio biológico no funcionamento estomático.

A concentração interna de carbono (C_i) depende de alguns fatores como a presença de CO_2 e abertura estomática, com isso apresenta correlação positiva com as variáveis analisadas, com destaque para a precipitação, o que indica correlação positiva forte, já que na ausência de luz a planta tende a reduzir a assimilação de CO_2 e, assim, concentrando o CO_2 no mesofilo foliar.

A transpiração (E) depende de outros fatores como abertura estomática, do potencial hídrico da planta e, segundo Zeppel *et al.* (2010), principalmente, relacionada ao déficit de pressão de vapor (DPV). A espécie em estudo apresentou correlação positiva alta para radiação.

Aumento da radiação promove aumento da transpiração. O aumento da radiação está relacionado com o aumento da temperatura foliar e com isso, maior transpiração para o controle da temperatura foliar. O potencial hídrico da folha não permanece constante ao longo do dia (COSTA; MARENCO, 2007). Isso ocorre porque a taxa de transpiração da folha é maior do que a capacidade de absorção e transporte de água na planta (MARENCO *et al.*, 2014), durante o período do dia.

O aumento da temperatura eleva a relação O_2/CO_2 dissolvido no cloroplasto, com isso aumenta a fotorrespiração. Por outro lado, a temperatura também influencia o fator de especificidade da enzima Rubisco (A/C_i) (MARENCO *et al.*, 2014).

A eficiência de carboxilação (A/C_i) apresentou correlação negativa alta para precipitação, no período chuvoso há baixa incidência de luz, assim, ocorre a redução na taxa de assimilação de CO_2 . Devido à redução da radiação, diminui a atividade carboxilase da Rubisco e diminui a taxa de assimilação de carbono. Tem-se relatado que a baixa irradiância durante o crescimento das plantas limita a absorção de carbono (MARENCO, 2014)

Isso pode ocorrer devido à redução na velocidade máxima de carboxilação da Rubisco e na taxa máxima de regeneração da ribulose biscofosfato (RuBP), dependente do transporte de elétrons, bem como pela redução na taxa de difusão de CO₂ para os cloroplastos (NASCIMENTO; MARENCO, 2013).

A eficiência de uso da água (A/E) está diretamente ligada à taxa de assimilação de CO₂ (A) nas plantas, expressando a sua eficiência em fixar carbono enquanto transpira. Neste caso, a espécie apresentou correlação negativa forte para temperatura (máx. e mín.).

As plantas consomem água em grande quantidade, consequência direta da absorção de CO₂ para a fotossíntese. A maior parte da água absorvida pelas raízes é perdida através dos estômatos e superfícies foliares pelo processo da transpiração, (DONATO, 2013).

Peltzer e Polle (2001) afirmam que mudanças no sistema antioxidante podem estar correlacionadas com variações na temperatura e luz, indicando que ambos os fatores são importantes na modulação da defesa antioxidante. Neste estudo, os dados das análises bioquímicas realizadas, para a maioria das variáveis, mostraram correlações com índice abaixo de 0,51 indicando correlação desprezível ou fraca (tabela 5).

Tabela 5 – Correlação de Pearson entre temperatura média (°C), umidade relativa (%), precipitação (mm), radiação (MJ/m²), peroxidase (POD), superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), peroxidação lipídica (LIP), teores de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e compostos fenólicos em plantas de *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill.. Botucatu-SP, 2019.

C.						
Variável	POD	SOD	CAT	H ₂ O ₂	P. lipídica	fenólico
Fotoperíodo (h)	0,55*	-0,55*	0,26 ^{ns}	0,46*	-0,1 ^{ns}	0,35*
Radiação (MJ/m ²),	0,30 ^{ns}	-0,39*	0,16 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,72**
Umidade rel. (%),	0,37 ^{ns}	-0,28 ^{ns}	-0,79**	0,52**	0,54**	0,05 ^{ns}
Precipitação (mm)	0,47*	-0,43*	-0,96**	0,57**	0,92**	0,44 ^{ns}
Temp. máx. (°C)	-0,00 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,30	-0,14 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,47*
Temp. mín. (°C)	0,2 ^{ns}	-0,29*	0,21*	0,06*	0,15*	0,64*

* Significativa para a 5%, ** Significativa para a 1% de probabilidade, ns – não significativo, pela análise de correlação de Pearson.

A umidade relativa do ar e precipitação (mm) apresentaram, respectivamente, correlação negativa forte e muito forte com a atividade da CAT, correlação positiva moderada e muito forte com a peroxidação lipídica e correlação positiva moderada com a concentração de H_2O_2 . Sob determinadas condições ambientais as ERO podem causar ou agravar danos ou servir na sinalização da ativação de respostas de defesa, sendo produzido, principalmente, nos cloroplastos, provindos da cadeia de transporte de elétrons, além de serem produzidas pela fotorrespiração nos peroxissomos e de oxidases e peroxidases da parede celular (DAT *et al.*, 2000).

A radiação apresentou correlação positiva forte com a concentração de compostos fenólicos presentes nas folhas de *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. Em dias de alta radiação as plantas sintetizam compostos fenólicos que atuam absorvendo o excesso de radiação nas camadas epidérmicas dos tecidos, regulando o sistema antioxidante nas células ou no próprio organismo (DAAYF; LATTANZIO, 2008).

A tabela 6 apresenta os coeficientes de correlação entre trocas gasosas e variáveis do sistema antioxidativo da espécie *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. A.St.-Hill. A atividade da POD apresentaram correlação positiva muito alta com condutância estomática (g_s) e concentração interna de carbono (C_i), assim como correlação positiva alta com transpiração (E).

Tabela 6 – Correlação (Pearson) entre as atividades da peroxidase (POD), superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT), peroxidação lipídica (LIP), teores de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e compostos fenólicos, Taxa de assimilação de CO_2 (A , $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$), condutância estomática (g_s , $mol\ m^{-2}\ s^{-1}$), concentração interna de CO_2 na folha (C_i , $\mu mol\ mol^{-1}$), taxa de transpiração (E , $mmol\ m^{-2}\ s^{-1}$), Eficiência do uso da água (A/E , $\mu mol\ CO_2\ (mmol\ H_2O)^{-1}$) e eficiência de carboxilação (A/C_i) em plantas da espécie *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill., nas fenofases vegetativas e reprodutivas, Botucatu-SP, 2019.

Variável	POD	SOD	CAT	H_2O_2	LIP	C. fenólico
A	0,07 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,35 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,44 ^{ns}	-0,29 ^{ns}
g_s	0,92**	-0,94**	-0,55*	0,88**	0,83**	0,98**
C_i	0,95**	-0,95**	-0,74**	0,96**	0,92**	0,89**
E	0,82**	-0,86**	-0,49*	0,77**	0,79**	0,98**
A/C_i	-0,63*	0,66*	0,69**	-0,64*	-0,89**	-0,83**
A/E	-0,29 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,34 ^{ns}	-0,25 ^{ns}	-0,58*	-0,67**

* Significativa para a 5%, ** Significativa para a 1% de probabilidade, ns – não significativo, pela análise de correlação de Pearson.

A concentrações de ERO e as atividades antioxidativas estão relacionadas a muitos processos fisiológicos envolvidos em mecanismos de sinalização celular na defesa vegetal ou no estresse oxidativo (MITTLER *et al.*, 2011). As enzimas antioxidantes protegem as células vegetais e seus compartimentos subcelulares dos efeitos citotóxicos causados pelas ERO.

O peróxido de hidrogênio também atua com uma chave reguladora de uma ampla variedade de processos fisiológicos, tais como a senescência, fotorrespiração e fotossíntese, movimento estomático, ciclo celular, crescimento e desenvolvimento celular (MITTLER *et al.*, 2004; QUAN *et al.*, 2008).

Neste estudo, a concentração de H_2O_2 indica correlação positiva alta com a condutância estomática (g_s) e transpiração (E) e correlação positiva muito alta com concentração interna de carbono (C_i). O aumento de H_2O_2 em tecidos foliares promove o fechamento dos estômatos e, conseqüentemente, diminui a taxa transpiratória, causando alterações na assimilação de carbono e na entrada de poluentes na planta (GILL, TUTEJA, 2010; FAVARETTO *et al.*, 2011). Ainda, pode agir como um sinal indutor para a expressão de genes referentes à ativação da enzima catalase (CAT).

A peroxidação lipídica apresentou correlação positiva alta com com condutância estomática (g_s) e transpiração (E), correlação negativa alta com a atividade da enzima rubisco (A/C_i) e correlação positiva muito alta com a concentração interna de carbono (C_i). A atividade oxigenasse da Rubisco, não gera diretamente ERO nos cloroplastos, mas é o ponto de início da fotorrespiração onde a adição de oxigênio ao carbono 2 ribulose fosfato forma fosfoglicolato e fosfoglicerato. O subsequente metabolismo do glioxilato no peroxissomo é gerador de H_2O_2 (LEDFOORD; NIYOI, 2005).

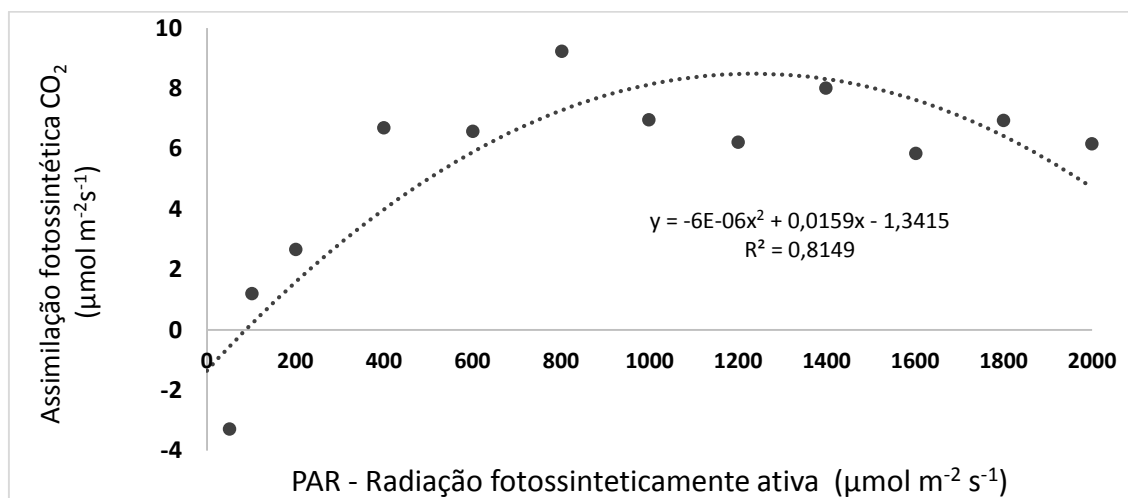
Trocas gasosas

As avaliações realizadas em cada fenofase da espécie *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. evidenciam a grande mudança que ocorre em seu metabolismo durante o seu ciclo natural, com relação às taxas de trocas gasosas, como assimilação de CO_2 , condutância estomática, concentração interna de CO_2 na folha, taxa de transpiração, eficiência do uso da água e eficiência de carboxilação.

A medição de fixação de CO_2 em folhas intactas sob fluxo fotônico crescente permite construir curvas de resposta à luz, que fornecem informações importantes sobre as propriedades fotossintéticas da folha (TAIZ; ZEIGER, 2004).

As plantas de *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. apresentaram taxa de assimilação de CO_2 crescente à medida que a densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA) aumentou até cerca de $800 \mu mol m^{-2} s^{-1}$ (figura 16). Para esta espécie esta foi a quantidade de luz utilizada para as reações fotoquímicas que promoveu maior assimilação de CO_2 . Apesar do ambiente apresentar luz intensa, o aumento da intensidade luminosa não promoveu aumento significativo na taxa de assimilação de CO_2 ; o que significa que o processo fotossintético está saturado pela radiação.

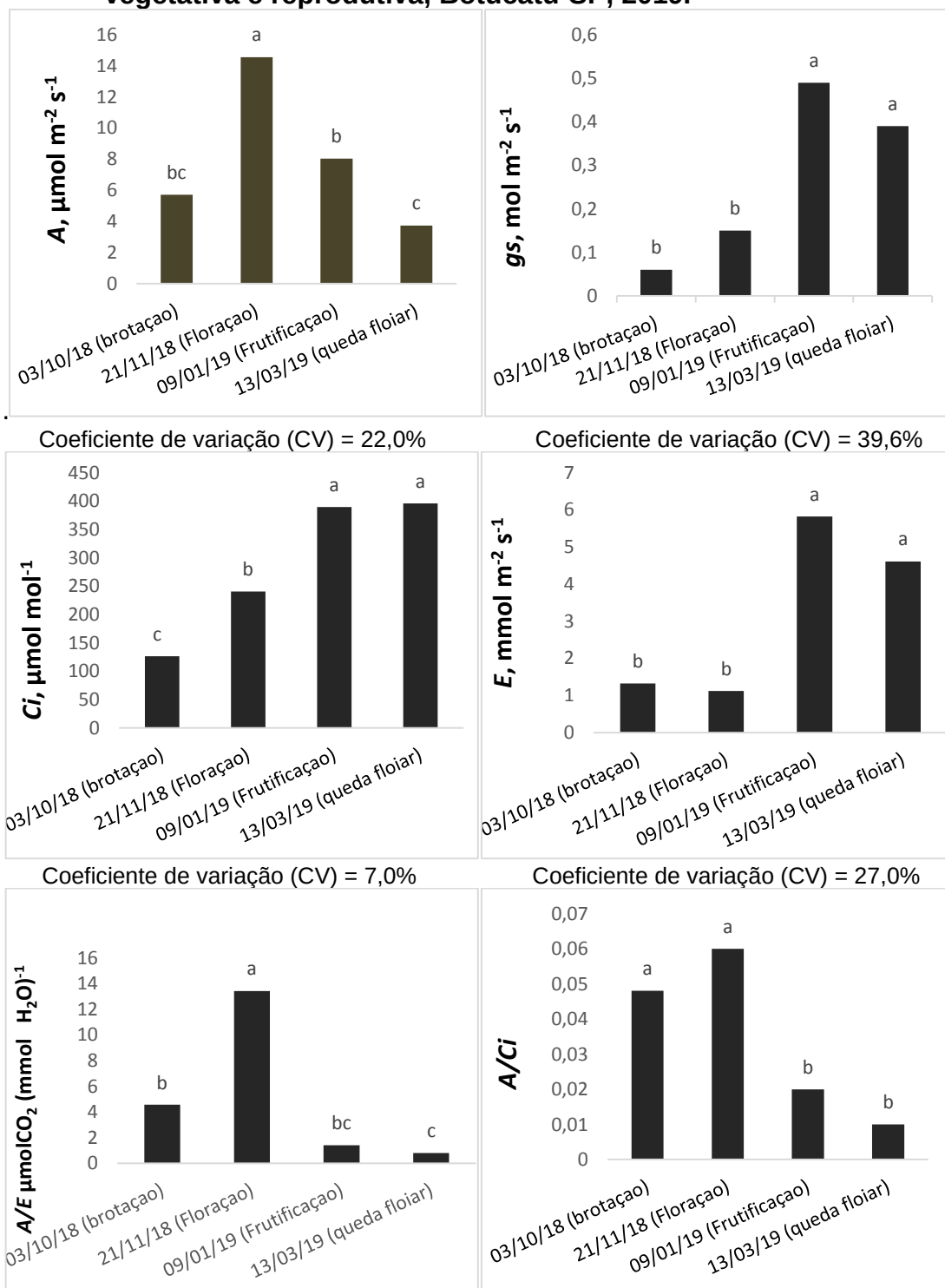
Figura 16 – Curva de resposta à luz ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) para a espécie *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. Botucatu – SP, 2019.



A produtividade vegetal é influenciada por características morfológicas e fisiológicas da fonte, órgãos fotossintetizantes e do dreno, órgãos que consomem ou acumulam fotossintetizados, principalmente, carboidratos (BRANDÃO FILHO *et al.*, 2003). Toda produção de fitomassa depende da atividade fotossintética da fonte, porém, a assimilação de CO₂ é apenas um dos muitos fatores que influenciam o crescimento e desenvolvimento vegetal (FOYER; GALTIER, 1996).

O desempenho de plantas da espécie *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill., avaliado em coletas pontuais demonstrou vasta mudança fisiológica a cada estágio fenológico de acordo com as condições climáticas submetidas, apresentando grande variação no processo fotossintético (figura 17).

Figura 17 – Taxa de assimilação de CO₂ (A , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s , $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração interna de CO₂ na folha (C_i , $\mu\text{mol mol}^{-1}$), taxa de transpiração (E , $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), eficiência do uso da água (A/E , $\mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$) e eficiência de carboxilação (A/C_i) em plantas da espécie *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill., nas fenofases vegetativa e reprodutiva, Botucatu-SP, 2019.



Coeficiente de variação (CV) = 36,9%

Coeficiente de variação (CV) = 26,0%.

Médias, seguidas pela mesma letra, não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A taxa de assimilação de CO₂ foi maior na avaliação 2 (estádio de floração seguida das avaliações 1 e 3 (brotação e frutificação). Nos dados obtidos na quarta avaliação (período de alta intensidade da queda foliar) ocorreu a menor taxa de assimilação de CO₂, uma vez que, as folhas se encontravam em estágio avançado da senescência, com degradação da clorofila, já apresentando cores amareladas.

Os valores de condutância estomática foram maiores nas duas últimas avaliações (período de frutificação e queda foliar), indicando que apesar da alta condutância estomática, houve pouca assimilação de CO₂, mas alta perda de água (transpiração).

Desse modo, não é surpreendente encontrar uma baixa correlação entre A e g_s em condições naturais de luminosidade e umidade do ar. Além disso, uma baixa correlação entre fotossíntese e condutância estomática pode indicar ausência de uniformidade na abertura dos estômatos na superfície da folha, conforme mostrado por Marengo *et al.* (2006), tornando complexa e não linear a relação entre fotossíntese e condutância estomática (POSPISILOVÁ; SANTRUCEK, 1994).

As medidas de concentração interna de carbono (C_i) foram superiores nas avaliações feitas no período de frutificação e queda foliar (09 de janeiro de 2019 e 13 de março de 2019) já na primeira avaliação (brotação) foi registrada a menor média. A concentração interna de CO₂ no mesófilo foliar é reduzida pelo fechamento estomático, com consequente redução na taxa de assimilação de dióxido de carbono (JADOSKI *et al.*, 2005).

A irradiância estimula diretamente a abertura dos estômatos (HSIAO, 1973; MARENCO *et al.*, 2006), proporcionando a condição necessária para a assimilação de CO₂ como também o aumento na transpiração das plantas, no decorrer do dia (PIMENTEL; PERES, 2000).

A perda de água pelas plantas é controlada pela atividade das células-guardas. Em condições naturais, à medida que a temperatura se eleva, a umidade relativa do ar diminui e as respostas dos diversos processos metabólicos das plantas refletem a interação entre estes fatores (MEDINA *et al.*, 1999). A taxa de transpiração registrada na avaliação realizada na fenofase de frutificação foi substancialmente superior às demais, seguida da última avaliação (queda foliar) resultado esperado, já que, nestes períodos registraram-se as maiores condutâncias estomáticas.

A eficiência do uso da água foi maior no início do ciclo, na primeira e segunda avaliação, correspondente as fases de brotação e floração; para o restante do ciclo as

medidas foram consideravelmente baixas. De acordo com Jaimez *et al.* (2005), a relação entre a fotossíntese e transpiração indica a eficiência instantânea no uso de água (A/E), em que os valores observados relacionam a quantidade de carbono que a planta fixa, por cada unidade de água perdida.

Para Shimazaki *et al.* (2007), a assimilação de dióxido de carbono do meio externo promove a perda de água e a redução desta perda, também restringe a entrada de CO_2 . Dessa forma, os resultados obtidos são reflexos dos valores observados na taxa de assimilação de CO_2 e na transpiração das plantas de *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill.

Na eficiência de carboxilação entre os diferentes estádios do ciclo vital da espécie, na avaliação feita no início do mês de outubro de 2018, onde ocorria um alto índice de gemas florais destacou-se com a melhor média, enquanto na avaliação feita no início de janeiro de 2019 quando ocorria elevada presença de frutos registrou a menor eficiência. Para Machado *et al.* (2005), a eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i) possui estreita relação com a concentração intracelular de CO_2 e com a taxa de assimilação de dióxido de carbono. Neste sentido, o valor verificado na eficiência de carboxilação neste trabalho, deve-se aos ganhos na taxa de assimilação de CO_2 registrada e a concentração interna de dióxido de carbono. Pode ter relação também com as variações climáticas ocorridas no dia em que foram realizadas as medidas de trocas gasosas.

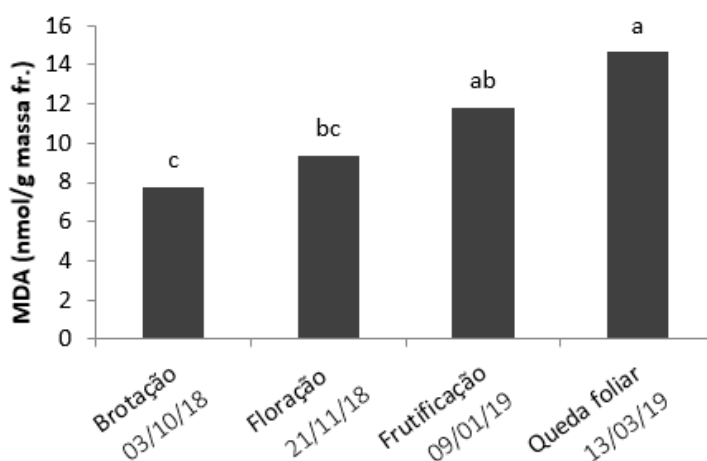
Taiz e Zeiger (2013) e Melo *et al.* (2010) concluíram que as trocas gasosas são influenciadas pelas condições climáticas. Assim, as medidas registradas podem estar vinculadas às oscilações ocorridas na radiação solar acumulada e na temperatura do ar, bem como, nas variações de umidade relativa do ar e precipitação.

Análises bioquímicas

A oxidação lipídica origina, dentre outros produtos secundários que agravam o dano oxidativo, o ácido malondialdeído (MDA), que é o principal e mais estudado produto da peroxidação lipídica. O MDA é conhecido como um marcador molecular da peroxidação lipídica em membrana de células de plantas submetidas a diferentes estresses abióticos, reduzindo a fluidez e aumentando o extravasamento e causando danos nas proteínas de membrana, inativando enzimas e canais iônicos (GILL; TUTEJA, 2010).

A peroxidação lipídica apresentou tendência linear (figura 18), aumentando de acordo com o progresso do evento fenológico, da brotação à queda foliar. As variações ocorreram ao longo do ciclo, passando de 7,78 nmol g massa fresca⁻¹ na coleta, período de maior incidência de brotos, 9,37 nmol g massa fresca⁻¹ na coleta 2, quando as gemas apareciam em maior índice, 11,83 nmol g massa fresca⁻¹ na coleta 3, período de maior intensidade na frutificação, até 14,63 nmol g massa fresca⁻¹, na coleta 4, quando se notava alto índice de queda foliar.

Figura 18 – Peroxidação de lipídios (MDA, nmol g massa fresca⁻¹) em plantas de *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. nas fenofases vegetativas e reprodutivas. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2019.



Coefficiente de variação (CV) = 19,38%. Médias, seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Estes resultados demonstram que a peroxidação lipídica aumenta naturalmente do início para o final do ciclo fenológico. Isso pode estar relacionado ao estresse oxidativo causado pelo envelhecimento natural e queda das folhas como também está ligado ao período de baixa radiação e baixa precipitação, o que causa estresse natural na planta.

Na literatura são encontrados vários estudos que relatam o aumento da peroxidação lipídica sob várias condições de estresse como: seca, em aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva* Fr.) (QUEIROZ *et al.*, 2002), estresse salino, em *Beta vulgaris* L. e *Beta maritima* L. (BOR *et al.*, 2003).

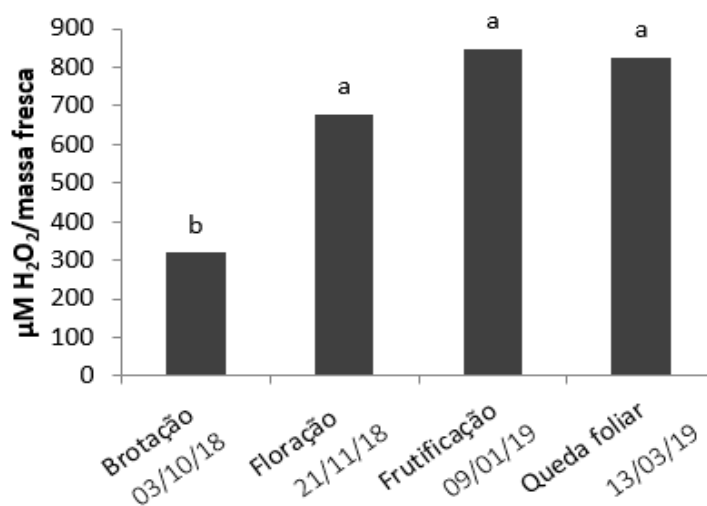
A atividade das enzimas SOD, CAT e POD e o teor de H₂O₂ apresentaram variação para cada coleta analisadas. O H₂O₂ atua como chave reguladora de ampla variedade de processos fisiológicos, tais como a senescência, fotossíntese,

movimento estomático etc. (BRIGHT *et al.*, 2006; QUAN *et al.*, 2008). Os efeitos biológicos de peróxido de Hidrogênio (H_2O_2) mostram ser dependentes não apenas de sua concentração como também do seu sítio de produção, do estágio de desenvolvimento da planta e da prévia exposição da planta a outros tipos de estresse (PETROV; VAN BREUSEGEM, 2012).

De acordo com Rutschow *et al.* (2011), baixas concentrações geram um suave sinal de estresse que pode aliviar o estresse mais intenso, por aumento do fluxo de solutos e nutrientes. Inversamente, concentrações mais elevadas de H_2O_2 produzem uma forte mensagem de estresse, semelhante à invasão de um patógeno, o que pode levar a morte celular.

Neste estudo, a brotação na avaliação feita no período de brotação expressou menor concentração de peróxido de hidrogênio em suas folhas, enquanto as outras avaliações apresentaram valores mais altos e não diferiram entre si (figura 19). De acordo com os resultados nota-se que o acúmulo de H_2O_2 ocasionou redução na assimilação de CO_2 .

Figura 19 – Valores médios da concentração de peróxido de hidrogênio (μM H_2O_2 /massa fresca), em plantas de *Vasconcellea* A.St.-Hill. nas fenofases vegetativas e reprodutivas. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2019.



Coefficiente de variação (CV) = 10,6%. Médias, seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O excesso de H_2O_2 nas células das plantas promove o estresse oxidativo, porém, ele desempenha dois papéis nas plantas: em baixa concentração age como um sinal molecular de sinalização de aclimação à tolerância aos vários estresses

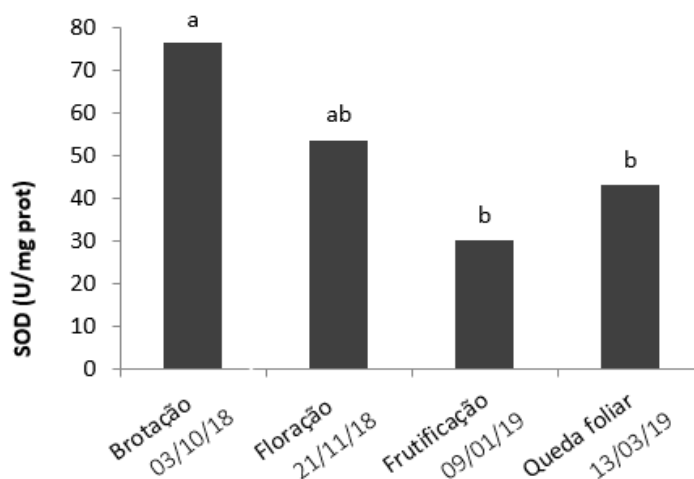
bióticos e abióticos. Já em alta concentração, pode promover morte celular programada (BHATTACHARJEE, 2012).

A SOD é a primeira enzima a atuar no sistema antioxidativo, sendo que a redução de sua atividade pode estar relacionada com a fase em que a planta recebe algum tipo de estresse, seja natural ou programado, afetando o seu metabolismo e suas funções bioquímicas.

Aumentos nas atividades da SOD e POD indicam aumento no estresse oxidativo para regular o nível de ERO (HE; GAO, 2008). Aumentos na atividade da CAT representam maior capacidade de eliminar o H_2O_2 (SIRI *et al.*, 2013), provavelmente, por ser a principal enzima envolvida na remoção de peróxido de hidrogênio (WILLEKENS *et al.*, 1995).

A SOD, neste trabalho, apresentou maior atividade durante o período de nas avaliações feitas no período de brotação e floração (figura 20), pelo fato desta enzima antioxidante ser fundamentalmente importante na proteção do aparato fotossintético dos danos foto-oxidativos. Altas atividades da SOD indicam potencial de tolerância aos danos causados pela foto-oxidação, como observado por Favaretto *et al.* (2011).

Figura 20 – Valores médios da atividade da superóxido dismutase (SOD, U mg^{-1} de proteína) em plantas de *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. nas fenofases vegetativas e reprodutivas. FCA/UNESP, Botucatu, SP, 2019.



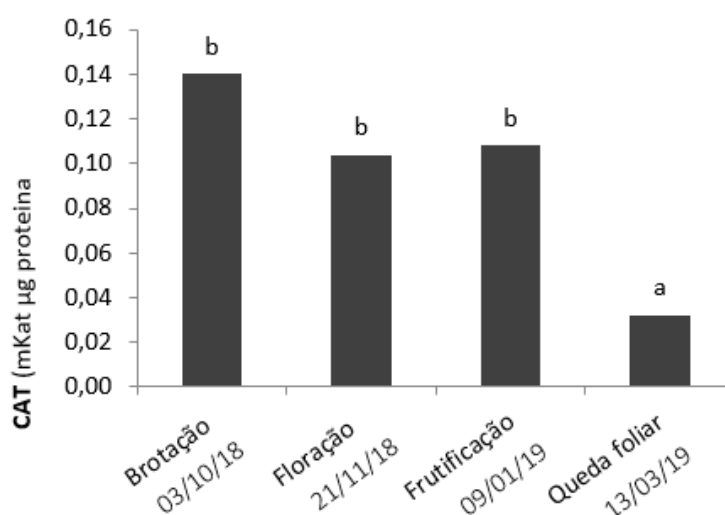
Coeficiente de variação (CV) = 26,0%. Médias, seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Para a enzima catalase foi registrada maior atuação na brotação, seguidas da floração e, também, na frutificação (figura 21), onde as médias não diferiram entre si.

Fato este que pode ter relação com o aumento da radiação e de temperatura ocorrido neste período, enquanto sua atividade foi baixa no estágio de queda foliar, que coincide com o período de menor radiação.

A sinalização através do acúmulo de H_2O_2 está relacionada de forma intrínseca com a atividade da catalase (CAT). A atividade da CAT é induzida em concentrações mais elevadas de H_2O_2 . Assim, qualquer concentração de H_2O_2 acima de um limiar normal pode gerar resposta de ativação destas enzimas (MITTLER, 2002). Neste estudo a CAT apresentou maior atividade (figura 21) no período de brotação, assim como a SOD, resultando na eliminação do H_2O_2 , como apresentado na figura 20.

Figura 21 – Valores médios da atividade da enzima catalase (CAT, $\mu\text{Kat } \mu\text{g}^{-1}$ de proteína) em plantas de *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. nas fenofases vegetativas e reprodutivas. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2019.



Coeficiente de variação (CV) = 24,5%. Médias, seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

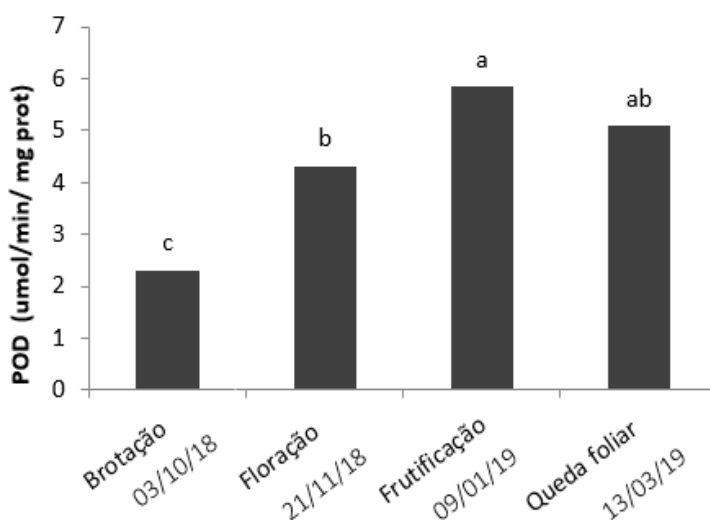
As catalases são enzimas indispensáveis para desintoxicação das células vegetais em condições de stress, pois elas são responsáveis pela dismutação direta de H_2O_2 em H_2O e O_2 , removendo este peróxido gerado nos peroxissomos por oxidases envolvidas na peroxidação de ácidos graxos, fotorrespiração e catabolismo de purinas (GILL; TUTTEJA, 2010).

As PODs localizam-se, principalmente, na parede celular e no vacúolo. Sua atividade pode ser utilizada como marcador bioquímico do estresse resultante de fatores bióticos e abióticos, bem como, na identificação precoce de processos

morfogênicos durante a diferenciação celular, crescimento e multiplicação de plantas (LOCATO, 2010; KIM; KWAN, 2010).

A peroxidase é uma classe de enzimas que catalisam a óxido-redução entre H_2O_2 e vários redutores, participando de ampla variedade de processos fisiológicos nas plantas, tais como a lignificação, suberização, formação e reticulação de componentes da parede celular, catabolismo de auxinas e senescência (GULSEN *et al.*, 2010; WAR *et al.*, 2012). Neste estudo esta enzima teve maior atividade (figura 22) na frutificação e queda foliar, atuando na degradação do H_2O_2 , reduzindo a concentração deste nas folhas.

Figura 22 – Valores médios da atividade da Peroxidase (POD, μmol de purpurogalina $\text{min}^{-1} \text{mg}^{-1}$ de proteína) em plantas de *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. nas fenofases vegetativas e reprodutivas. FCA/UNESP, Botucatu – SP, 2019.



Coefficiente de variação (CV) = 16,7%

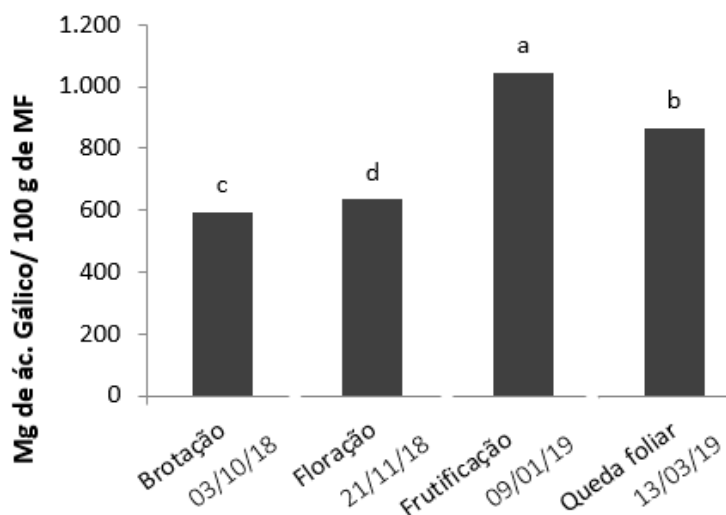
Médias, seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Algumas PODs são constitutivamente expressas, enquanto outras são induzidas por estresses ambientais, como constatado em estudos em que baixas atividades mostram sintomas de estresse menos graves e as altas, sintomas mais graves.

Os compostos fenólicos compõem o sistema de defesa secundário das plantas e atuam sequestrando radicais intermediários como peroxil e alcoxil (OLIVEIRA *et al.*, 2014), bloqueando a etapa de propagação da cadeia radicalar. Os teores de compostos fenólicos (figura 23) nesta espécie foram maiores no estágio de frutificação, seguido de queda foliar, sendo a menor concentração verificada na

fenofase da brotação. Os compostos fenólicos estão ligados ao sistema de defesa secundário da planta.

Figura 23 – Concentração de compostos fenólicos (mg de ácido gálico por 100g polpa fresca) em plantas de *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill. nas fenofases vegetativas e reprodutivas. FCA/UNESP, Botucatu, SP, 2019.



Coeficiente de variação (CV) = 2,54%

Médias, seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A maior concentração de compostos fenólicos observada no período de frutificação, corresponde também ao período do ciclo que ocorreu maior incidência de radiação. O maior conteúdo de compostos fenólicos observado neste período, possivelmente, tenha ocorrido em função da regulação positiva da luz sobre proteínas envolvidas na rota biossintética desses compostos. Uma vez que, a via biossintética dos compostos fenólicos é regulada predominantemente pela enzima fenilalanina amonioliase (PAL) (GHOLIZADEH; KOHNEHROUZ, 2010), a qual é uma enzima reconhecidamente regulada pelo padrão de radiação incidente na planta e, consequentemente, pelos fitocromos (GILIBERTO *et al.*, 2005).

Os compostos fenólicos são substâncias que participam muito da interação inseto-planta, principalmente, pelas antocianinas serem responsáveis pela coloração das flores e frutos, isso é importante na atração dos polinizadores e dos dispersores das sementes, e isso ocasiona a disponibilidade desses compostos nas plantas.

Assim como a presença de pássaros e insetos em decorrência da presença dos frutos, pode ter influenciado na ativação das vias de síntese dos compostos fenólicos, como sinal de defesa da planta.

Segundo Vidhysekaran (1988), diversas substâncias fenólicas estão associadas a resistências às doenças. Folhas de cevada inoculadas com *Erysiphe graminis f. sp.* Hordei acumularam substâncias de natureza aromática, nos sítios de penetração do fungo (MAYAMA; SHISHIYAMA, 1978).

Em insetos-praga, esses compostos podem atuar como inibidores digestivos ou produtores de radicais livres (APPEL, 1993). A presença de compostos fenólicos é considerada como parte da estratégia de defesa da planta contra a herbivoria (PRICE, 2005). Estes compostos constituem um grupo diverso de metabólitos secundários que apresentam atividade antioxidante, como flavonoides e taninos que constituem a classe mais abundante de metabólitos secundários nas plantas (GRACE; LOGAN, 2000).

Os compostos fenólicos podem estar também envolvidos nos mecanismos bioquímicos e estruturais de resistência em plantas (NICHOLSON; MMERSCHMIDT, 1992). Estes desempenham importante papel na proteção celular, pois são capazes de sequestrar ou inibir as diversas espécies de oxigênio reativo, transferir elétrons para radicais livres, ativar enzimas antioxidantes e inibir enzimas oxidases (DUMITRIU *et al.*, 2015).

CONCLUSÃO

Na avaliação feita no período de frutificação nota-se aumento significativo na condutância estomática e concentração interna de CO₂, assim como na transpiração.

A peroxidação lipídica ocorre de forma gradativa, aumentando da fase de brotação até a queda foliar.

A enzimas SOD e CAT apresentaram maior atividade na avaliação feita na fase de brotação que está diretamente ligado ao aumento na concentração de H₂O₂ na célula. A alta temperatura ocorrida no período da brotação pode ter ocasionado o estresse na planta.

REFERÊNCIAS

ALEXIEVA, V. S. *et al.* The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. **Plant cell and environment**, 24(12): 1337-1344, 2001.

APPEL, H. M. Phenolics in ecological interactions: the importance of oxidation. **Journal of Chemical Ecology**, v. 19, p. 1521-1552, 1993.

BEAUCHAMP, C.; FRIDOVICH, I. Superoxide dismutase: improved assays and applicable to acrylamide gels. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 44, n. 1, p. 276-287, 1971.

BHATTACHARJEE, S. The Language of Reactive Oxygen Species Signaling in Plants. **Journal of Botany**, 2012. Doi. 10.1155/2012/985298.

BIONDO, E. *et al.* Caracterização citogenética e ecológica de populações de mamãozinho-do-mato (*Vasconcellea quercifolia* A, St. Hill. – Caricaceae) uma planta alimentícia não convencional pouco explorada. In: **Congresso brasileiro de Agroecologia**, 8, Porto Alegre, 2013.

BOF, C.M.J. *et al.* Effect of freez-ing and processing technologies on the antioxidant capacity of fruit pulp and jelly. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 55, p.107-114, 2012.

BOR M.; OZDEMIR F.; TURKAN I. The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in leaves of sugar beet *Beta vulgaris* L. and wild beet *Beta marítima* L. **Plant Science** 164: 77-84, 2003.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, n. 1–2, p. 248-254, 1976.

BRANDÃO F. J.; *et al.* Influência da enxertia nas trocas gasosas de dois híbridos de berinjela cultivados em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, 21: 474-477, 2003.

BRIGHT, J. *et al.* ABA-induced NO generation and stomatal closure in Arabidopsis are dependent on H₂O₂ synthesis. **The Plant Journal**, v. 45, p. 113-122, 2006.

BROOKS A.; FARQUHAR G.D. Effect of temperature on the CO₂ /O₂ specificity of ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase and the rate of respiration in the light. **Planta**, 165:397-406, 1985.

COSTA GF & MARENCO RA. Fotossíntese, condutância estomática e potencial hídrico foliar em árvores jovens de andiroba (*Carapa guianensis*). **Acta Amazonica**, 37:229-234, 2007.

COSTA, F. R. da. **Estudo das relações genômicas em espécies de Caricaceae com base em marcadores citomoleculares**. 2008. 82p. Tese de Doutorado. (Genética e Melhoramento de Plantas), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2008.

Dat, J. F. et al. Effect of salicylic acid on oxidative stress and thermotolerance in tobacco. *J. Plant Physiol.*, 156, 659–665, 2000.

DONATO, S. L. R., *et al.* **Ecofisiologia e eficiência de uso da água em bananeira. XX Reunião Internacional da Associação para a Cooperação em Pesquisa e Desenvolvimento Integral das Musáceas (Bananas e Plátanos)**. Fortaleza, CE, setembro de 2013. 15p.

DOUGHTY C.E.; GOULDEN M.L. Are tropical forests near a high temperature threshold. **Journal of Geophysical Research (biogeosciences)**, v 113, 2008.

DUMITRIU, D. et al. Grape pomace extract improves the in vitro and in vivo antioxidant properties of wines from sun light dried Pedro Ximénez grapes. **Journal of Functional Foods**, v. 17, p. 380-387, 2015.

FAVARETTO A. et al. Growth of white clover seedlings treated with aqueous extracts of leaf and root of tough lovegrass. **Rev Bras Zootecn.** 40:1168-1172, 2011.

FOURNIER, L. A. Un metodo cuantitativo para la medición de características fenológicas en arboles. **Turrialba** 24(4):422-423, 1974.

FOYER CH; GALTIER N. Source-sink interaction and communication in leaves. In: ZAMSKI, E; SCHAFFER, A.A. (eds.) Photoassimilate distribution in plants and crops. **Source-sink relationships**. New York, 331-340, 1996.

GHOLIZADEH, A.; KOHNEHROUZ, B.B. Activation of phenylalanine ammonia lyase as a key component of the antioxidative system of salt-challenged maize LEAVES. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.22, p.217-223, 2010. DOI: 10.1590/S1677-04202010000400001.

GILIBERTO, L. *et al.* Manipulation of the blue light photoreceptor cryptochrome 2 in tomato affects vegetative development, flowering time and fruit antioxidant content. **Plant Physiology**, v.137, p.199-208, 2005. Disp. Em: <http://www.plantphysiol.org/content>. Acesso em: 21 jan. 2014.

GILL, S. S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 48, p. 909-930, 2010.

GORDON, M.H. - Significance of dietary anti-oxidants for health. **International Journal of Molecular Sciences**, v.13, p. 173-179, 2012.

GRACE, S.C.; LOGAN, B.A. Energy dissipation and radical scavenging by the plant phenylpropanoid pathway. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, v.355, p.1499-1510, 2000. Disp. em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles>. Acesso em: 21 jan. 2020

GULSEN, O. *et al.* Characterization of peroxidase changes in resistant and susceptible warm-season turf grasses challenged by *Blissus occiduus*. **Arthropod Plant Interact**, v. 4, p. 45-55, 2010.

HE, X.; GAO, S. Changes of antioxidant enzyme and phenylalanine ammonia lyase activities during *Chimonanthus praecox* seed maturation. **Zeitschrift Für Naturforschung**, Tubingen, v. 63, n. 7, p. 569-573, 2008

HSIAO, T.C. Plant responses to water stress. Annual Review of Plant **Physiology and Plant Molecular Biology**, 24: 519-570, 1973.

JADOSKI, S. O.; KLAR, A. E.; SALVADOR, E. D. Relações hídricas e fisiológicas em plantas de pimentão ao longo de um dia. **Ambiência**, Guarapuava, v. 1, n. 1, p. 11-19, 2005.

JAIMEZ, R. E. *et al.* Seasonal variations in leaf gas exchange of plantain cv. 'Hartón' (Musa AAB) under different soil water conditions in a humid tropical region. **Scientia Horticulturae, Amsterdam**, v. 104, n. 1, p. 79-89, 2005.

KAR, M.; MISHRA, D. Catalase, peroxidase and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. **Plant Physiology**, v.57, p.315-319, 1976.

KIM, Y.H.; KWAK, S.S. The role of antioxidant enzymes during leaf development. In: GUPTA, S.D. Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants. Enfi eld: **Science Publishers**, p.129-150, 2010.

KINUPP, V.F.; LORENZI, H. Plantas **Alimentícias Não-Convencionais (PANC) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas**. Nova Odessa: Ed. Plantarum. 2014. 768p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. 3ª ed. Editora RiMa. São Carlos – SP, 2006. 529 p.

LEDFOORD, H.K.; NIYOGI, K.K. Singlet oxygen na photo-oxidative stress management in plants and algae. **Plant Cell and Environment**, Oxfor, v. 28, n.8, p.103-1045, 2005.

LOCATO, V. *et al.* Reactive oxygen species and ascorbateglutathione interplay in signaling and stress responses. In: GUPTA, S.D. Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants. Enfi eld: **Science Publishers**, p.45-64, 2010.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. v.1. 368p.

LUKASIK, P.; *et al.* The structured diversity of specialized gut symbionts of the New World army ants. **Molecular Ecology** 26, 2017. DOI: 10.1111/mec.14140.

MACHADO, E. C. *et al.* Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 40, n. 12, p. 1161-1170, 2005

MARENCO, R.A. LOPES, N.F. Fisiologia Vegetal: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. **Viçosa**, Editora UFV. 451p, 2005.

MARENCO, R.A. *et al.* Hydraulically based stomatal oscillations and stomatal patchiness in *Gossypium hirsutum*. **Functional Plant Biology**, 33(12): 1103-1113, 2006

Marenco R.A. *et al.* Stomatal conductance in Amazonian tree saplings in response to variations in the physical environment. **Photosynthetica**. 52:493-500, 2014.

MAYAMA, S.; SHISHIYAMA, J. Localized accumulation of fluorescent and absorbing compounds at penetration sites in barley leaves infected with *Erysiphe graminis hordei*. **Physiological Plant Pathology**, n.13, p.347, 1978.

MEDINA, C. L. *et al.* Condutância estomática, transpiração e fotossíntese em laranja 'Valência' sob deficiência hídrica. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 11, n. 1, p. 29-34, 1999.

MELO, A. S. *et al.* Crescimento vegetativo, resistência estomática, eficiência fotossintética e rendimento do fruto da melancia em diferentes níveis de água. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 73-79, 2010.

MENDES K.R.; MARENCO R.A. Is stomatal conductance of Central Amazonian saplings influenced by circadian rhythms under natural conditions. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, 26:115-125. 2014.

MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends in Plant Science**, v. 7, p. 405-410, 2002.

MITTLER, R. *et al.* Reactive oxygen gene network of plants. **Trends in Plant Science**, v. 9, p. 490-498, 2004.

MITTLER, R. *et al.* Sinalização ROS: a nova onda? **Tendências Plant Sci.** , 16) , pp. 300 – 309, 2011.

MUKAKA MM. Statistics corner: A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. **Malawi Med J.** 24(3):69-71, 2012.

NASCIMENTO, H. C. S.; MARENCO, R. A. Mesophyll conductance variations in response to diurnal environmental factors in *Myrcia paivae* and *Minquartia guianensis* in Central Amazonia. **Photosynthetica**, Praha, v. 51, p. 457-464, 2013.

NEUBAUER, C., YAMAMOTO, H.Y. Mehler-peroxidase reaction mediates zeaxanthin formation and zeaxanthin-related fluorescence quenching in intact chloroplasts. **Plant Physiol.** Rockville, v. 99, n. 4, p. 1354-1361, 1992.

NICHOLSON, R.L.; HAMMERSCHMIDT, R. Phenolic compounds and their role in disease resistance. **Annual Review of phytopathology**, v.30, p.369-389, 1992.

OLIVEIRA, S *et al.* Evaluation of antiradical assays used in determining the antioxidant capacity of pure compounds and plant extracts. **Química Nova**, v.37, p.497-503, 2014.

PEIXOTO, H. P. P. *et al.* Aluminium effects on lipid peroxidation and the activities of enzymes of oxidative metabolism in sorghum. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 11, n. 3, p. 137-143, 1999.

PELTZER, D. & POLLE, A.. Diurnal fluctuations of antioxidative systems in leaves of field-grown beech trees (*Fagus sylvatica*): response to light and temperature. **Physiol. Plant.** 111, 158–164, 2001.

PETROV, V.D. AND VAN BREUSEGEM, F. Hydrogen Peroxide. A Central Hub for Information Flow in Plants. **AoB Plants**, pls 014, 2012. Disp. Em: <http://dx.doi.org/10.1093/aobpla/pls014>. Acesso: 17 abr 2020.

PIMENTEL, C.; PEREZ, A. J. de L. C. Estabelecimento de parâmetros para avaliação de tolerância à seca em genótipos de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 1, p. 31-39, 2000.

POSPISILOVÁ, J.; SANTRUCEK, J. Stomatal patchiness. **Biologia Plantarum**, 36(4): 481-510, 1994.

PRICE P. W. Adaptative radiation of gall-inducing insects. **Basic and Applied Ecology**, vol 6: 413-421, 2005.

QUAN, L. J.; ZHANG, B.; SHI, W. W.; LI, H. Y. Hydrogen peroxide in plants: a versatile molecule of the reactive oxygen species network. **Journal of Integrative Plant Biology**, v. 50, p. 2-18, 2008.

QUEIROZ C. G. S., GARCIA Q. S., FILHO J. P. L. Atividade fotossintética e peroxidação de lipídios de membrana em plantas de aroeira-do-sertão sob estresse hídrico e após reidratação. **Braz. J. Plant Physiol.**, 14(1):59-63, 2002.

QUEVEDO, D.; **Métodos de superação de dormência em sementes de jaracatiá (*Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill.)**. Trabalho de conclusão de curso de graduação. Universidade Federal da Fronteira Sul. Laranjeiras do Sul, 2014.

RAMA DEVI, S.; PRASAD, M. N. V. Copper toxicity in *Ceratophyllum demersum* L. (Coontail), a free floating macrophyte: Response of antioxidant enzymes and antioxidants. **Plant Sci.**, v. 138, p. 157-165, 1998.

RICKLEFS, R.E. **A economia da natureza**. Ed Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. 636p, 2003

RUTSCHOW, H. L. et al. Regulation of Solute Flux through Plasmodesmata in the Root Meristem. **Plant Physiology**, Apr 155 (4) 1817-1826, 2011. DOI: 10.1104/pp.110.168187

SCANDALIOS, J.G. Oxygen stress and superoxide dismutases. **Plant Physiol.** Rockville, v. 101, n. 1, p. 7-12, 1993.

SHIMAZAKI, K. I. et al. Light regulation of stomatal movement. **Annual Review of Plant Biology**, Gainesville, v. 58, n. 1, p. 219-247, 2007.

SINGSAAS E.L., ORT D.R., DELUCIA E.H. Diurnal regulation of photosynthesis in understory saplings. **New Phytologist**, 145:39-49, 2000.

SINGLETON, V.L. et al. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods Enzymology**. V.299, p.152 -178, 1999.

SIRI, B. et al. Improvement of quality, membrane integrity and antioxidant systems in sweet pepper (*Capsicum annuum* Linn.) seeds affected by osmopriming. **Australian Journal of Crop Science**, v. 7, n. 13, p. 2068-2073, 2013.

SULTANA, B.; ANWAR, F. Flavonols (kempfer-ol, quercetin, myricetin) contents of selected fruits, vegetables and medicinal plants. **Food Chemistry**, v.108, p.879-884, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ed. Porto Alegre: ArtMed, 2004. 719p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2013. 4. ed. 820 p.

TEISSEIRE, H.; GUY, V. Copper-induced changes in antioxidant enzymes activities in fronds of duckweed (*Lemna minor*). **Plant Science**, Limerick, v. 153, n. 1, p. 65–72, 2000.

VON C.A.; EMMERER S. E.; QUICK W.P. **Rubisco: physiology in vivo**. In: Leegood RC, Sharkey TD & Von Caemmerer S (Eds.) *Photosynthesis: Physiology and Metabolism*. Dordrecht, Kluwer Academic. p.85-113, 2000.

VON CAEMMERER, S.; FARQUHAR, G. D. Some relationships between the biochemistry of photosynthesis and the gas exchange of leaves. **Planta**, Berlin, v. 153, n. 4, p.376-387, 1981.

VIDHYSEKARAN, P. **Physiology of disease resistance in plants**. v.I. Boca Raton: CRC Press, 988. 149p.

WAR, A. R. et al. Mechanisms of plant defense against insect herbivores. **Plant Signaling & Behavior**, v. 7, p. 1306-1320, 2012.

WILLEKENS, H. *et al.* Catalases in plants. **Molecular Breeding**, Dordrecht, v. 1, n. 3, p. 207-228, 1995.

ZEPPEL M, *et al.* Rates of nocturnal transpiration in two evergreen temperate woodland species with differing water-use strategies. **Tree Physiology**, 30:988- 1000, 2010.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As frequentes e distintas condições ambientais, drásticas ou gradativas, determinam alterações nos mecanismos fisiológicos das plantas e causam reações no aparato fotossintético, assim como, no sistema antioxidante.

Esta espécie apresenta mecanismo natural de defesa que é ativado de acordo com as necessidades específicas de cada fenofase. Esse sistema também é acionado por alguma condição de anormalidade externa que não seja comum ao seu desempenho.

Em caso de cultivo agrônomo, o agricultor deve interferir no sistema adotando práticas de manejo apenas em nível considerável de ataque ou infestação, através de práticas adequadas, considerando os aspectos econômicos e ambientais.

A árvores frutíferas são muito importantes para a formação de florestas nativas e a manutenção do ecossistema. Os frutos dessas árvores fornecem os nutrientes necessários para manutenção da biodiversidade.

A semente é a garantia da vida, é importante conhecer a forma de germinação e o tempo que se leva até a formação de uma nova planta no caso da espécie *Vasconcellea quercifolia* A.St.-Hill ainda é necessário aprimorar as técnicas empregadas para que se tenha maior aceleração na germinação de sementes.

Vasconcellea quercifolia A.St.-Hill. é uma espécie com potencial alimentício que deve ser utilizada de forma sustentável e efetiva. Estudos agrônômicos, ecológicos, químicos e nutricionais são importantes para fortalecer o uso de espécies nativas com potencial econômico e contribuir para a conservação dos seus *habitats*, assim como, a manutenção da variabilidade genética, conservação da agrobiodiversidade e diversificação na agricultura e na alimentação.

REFERÊNCIAS

- BRACK, P. *et al.* **Espécies arbóreas de uso estratégico para a agricultura familiar**. Rio Grande do Sul: UFRGS, 2011. 38p. Disp. Em: <https://www.docsity.com/pt/especies-arboreas-de-uso-estrategico-para-agricultura-familiar/4859780/>. Acesso em 01/jun/2019.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J.; **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: Funep, 2012. 590 p.
- DUTRA, A.F., *et al.* Germinação de sementes e emergência de plântulas de *Luehea divaricata* Mart. et. zucc. em diferentes substratos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 2, p. 411-418, 2016.
- ESPOSTI, M. S. O. D. **Estresse hídrico em duas espécies arbóreas de diferentes estágios sucessionais**. 2013. 46 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Estadual Do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes - RJ, 2013.
- GONÇALVES, J.F.C., SILVA, C.E.M., GUIMARÃES, D.G. Fotossíntese e potencial hídrico foliar de plantas jovens de andiroba submetidas à deficiência hídrica e à reidratação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.1, p.8-14, 2009.
- KINUPP, V. F. **Plantas alimentícias não-convencionais da região metropolitana de Porto Alegre, RS**. 2007. 562 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, curso de pós-graduação em fitotecnia, 2007.
- KINUPP, V.F.; LORENZI, H. **Plantas Alimentícias Não-Convencionais (PANC) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas**. Nova Odessa: Ed. Plantarum, 2014. 768p.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, v. 2. il. Color. 2009. 384 p.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, v.1. 2008. 368p.
- MORELLATO, L. P. C. *et al.* Phenology of Atlantic Rain Forest trees: a comparative study. **Biotropica, Belo Horizonte**, v. 32, p. 811-823, 2000.
- PINTO, A. M. **Fenologia Reprodutiva De Espécies Florestais Nativas Com Potencial Oleaginoso Na Amazônia Central**. 2015. 104f. Tese (Doutorado em biologia vegetal) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Rio Claro.
- RAVEN P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E.; **Biologia Vegetal**, 7ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011. 830 p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ed. Porto Alegre: ArtMed. 2004. 719p.

VIEIRA, R.F.; CAMILLO, J.; CORADIN, L. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: Plantas para o Futuro: Região Centro-Oeste**. Min. do Meio Ambiente. Sec.de Biodiversidade. Brasília, DF: MMA, 2016. Agrobiodiversidade. Acesso: 02 fev. 2019. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/publicacoes/biodiversidade>. Acesso 02 fev 2020.