



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA FLORESTAL

GABRIEL MIRANDA LIMA DE LIMA

EFEITO DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS NO CRESCIMENTO DE *Pinus caribaea*
var. *hondurensis* EM RONDÔNIA.

RIO BRANCO
ACRE – BRASIL
ABRIL – 2020

GABRIEL MIRANDA LIMA DE LIMA

EFEITO DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS NO CRESCIMENTO DE *Pinus caribaea* var. *hondurensis* EM RONDÔNIA.

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Acre, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para a obtenção do título de Mestre em Ciência Florestal.

Prof. Dr. Nei Sebastião Braga Gomes

RIO BRANCO
ACRE – BRASIL
ABRIL – 2020

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC

L732e Lima, Gabriel Miranda Lima de, 1995 -

Efeito das variáveis climáticas no crescimento de *Pinus Caribaea* var. *hondurensis* em Rondônia / Gabriel Miranda Lima de Lima; orientador: Prof. Dr. Nei Sebastião Braga Gomes. Rio Branco, 2020.

72 f.: il.; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Acre, Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Mestrado em Ciência Florestal. Rio Branco, Acre, 2020.

Inclui referências bibliográficas.

1. *Pinus Caribaea* var. *hondurensis* 2. Pinus - Análise de crescimento 3. Matriz de correlação de Pearson 4. Amazônia Ocidental I. Gomes, Nei Sebastião Braga (orientador)
II. Título

CDD: 634



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
Pró-reitora de Pesquisa e Pós-Graduação/
Centro de Ciências Biológicas e da Natureza
Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal-Ciflor

ATA DE SESSÃO DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA
FLORESTAL, DO MESTRANDO: **GABRIEL MIRANDA
LIMA DE LIMA**, REALIZADA NO DIA 02 DE ABRIL DE
2020.

Às oito horas e dez minutos do dia dois de abril de 2020, realizou-se de forma remota, por meio da ferramenta Web Conferência da RNP (Rede Nacional de Ensino e Pesquisa), a Defesa de Dissertação, intitulada: **"EFEITOS DE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS NO CRESCIMENTO DE *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em Rondônia"**, de autoria do mestrando, **Gabriel Miranda Lima de Lima**, discente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, em nível de Mestrado (Ufac). Na ocasião, a Comissão Examinadora esteve constituída pelos membros: **Dr. Nei S. Braga Gomes (Orientador/ Presidente/CCBN/UFAC)**; **Dr. Afonso Figueiredo Filho (Membro Externo /Unicentro/ PR)**; **Dr. Thiago Augusto da Cunha (CCBN/UFAC)**. Logo após a exposição oral, houve arguição pelos examinadores e, ao final da arguição, reaberta a sessão pública, o discente foi considerado **Aprovado** pela Comissão Examinadora. E ao final, foi lavrada a presente ata, que será assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Dr. Nei S. Braga Gomes
(Orientador/ Presidente/CCBN/UFAC)

Dr. Afonso Figueiredo Filho
(Membro Externo /Unicentro/ PR)

Dr. Thiago Augusto da Cunha
(CCBN/UFAC)

Ao meu orientador, Prof. Dr. Nei Sebastião Braga Gomes.

Á minha mãe, Maria de Fátima Miranda de Lima.

Á minha noiva, Jéssica Nascimento da Silva.

Á minha madrinha e tia Prof. Dra. Elizabeth Miranda de Lima.

Á professora Ma. Sandra Albuquerque Lima Ribeiro.

E aos meus amigos, Lucas Vieira Lemos Romeu, João Paulo Bussons dos Santos, e
Márcio Chaves da Silva.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Acre (UFAC), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), e ao Programa de Pós Graduação em Ciência Florestal (CIFLOR) pelas oportunidades oferecidas.

Ao grupo GERFLOR, representado pelo senhor Joercio Paulino da Costa pelo apoio logístico, técnico e ensinamentos a acerca do estudo. Além da disponibilidade da área para a realização do presente estudo.

À minha mãe pelo apoio emocional, educacional e financeiro, esta que nunca duvidou da concretização do presente trabalho.

À minha noiva por me ajudar em todas as etapas da realização do presente trabalho, e por sempre ser capaz de ter uma palavra de incentivo para a concretização do mesmo.

Ao meu orientador por ter acreditado em mim e ter me proporcionado a oportunidade de realizar um dos meus grandes sonhos.

À minha madrinha e tia Prof. Dra. Elizabeth Miranda de Lima por sempre me ensinar e me guiar aos bons caminhos da pesquisa.

Por fim, aos meus amigos e a todos que de alguma maneira contribuíram para a realização desse trabalho.

“Em algum lugar, algo incrível está esperando para ser descoberto”

Carl Edward Sagan (1934-1996).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Árvores da espécie <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> em diferentes idades.	4
Figura 2. Localização das áreas de estudo no município de Vilhena, Rondônia.....	15
Figura 3. Esquema amostral das parcelas implementadas nos dois povoamentos.....	17
Figura 4. Identificação das árvores adultas de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , na fazenda Londrina, em Vilhena – RO.	18
Figura 5. Instalação de parcelas e mensuração de árvores adultas de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	18
Figura 6. Sequência cronológica do processo de análise dendrocronológica dos anéis de crescimento de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	19
Figura 7. Localização da estação meteorológica no município de Vilhena, Rondônia.	21

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Curvas de produção mensal de diâmetro para <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , por talhão e para o plantio de 2016.	23
Gráfico 2. Curvas de produção mensal de diâmetro para <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , por talhão e para o plantio de 2017.	24
Gráfico 3. Incremento periódico do diâmetro ao nível do solo de povoamentos de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , em Vilhena – RO.	25
Gráfico 4. Relação entre incrementos correntes periódicos em diâmetro com as variáveis climáticas mais correlacionadas com <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	27
Gráfico 5. Curvas de produção mensal de altura para <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , por talhão e para o plantio de 2016.	29
Gráfico 6. Curvas de produção mensal de altura para <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , por talhão e para o plantio de 2017.	30
Gráfico 7. Incremento periódico em altura total para povoamentos de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , em Vilhena – RO.	31
Gráfico 8. Relação entre incrementos correntes periódicos em altura total com as variáveis climáticas mais correlacionadas com <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	33
Gráfico 9. Curva de crescimento acumulado para árvores adultas de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> em Vilhena, RO.	41
Gráfico 10. Curvas de incremento corrente anual (ICA) e incremento médio anual (IMA) do diâmetro a altura do peito sem casca (DAPsc) dos povoamentos adultos de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	42
Gráfico 11. Curva de crescimento das classes IV e V de árvores com 12 anos, em Vilhena, RO.	43
Gráfico 12. Série histórica (2008-2019) da distribuição de 4 (quatro) variáveis climáticas no município de Vilhena, RO.	44
Gráfico 13. Relação entre incrementos correntes anuais em diâmetro altura do peito sem casca (DAPsc) com as variáveis climáticas mais correlacionadas com <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Estatísticas para a curva de crescimento inicial em diâmetro em função de 6 (seis) variáveis climáticas para <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , plantadas em 2016 e 2017, em Vilhena – RO.	35
Tabela 2. Estatísticas para a curva de crescimento inicial em altura em função de 6 (seis) variáveis climáticas para a espécie <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , plantadas em 2016 e 2017, em Vilhena – RO.	36
Tabela 3. Matriz de correlação de Pearson entre os IP e as variáveis climáticas para os povoamentos de 2016 e 2017 de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , em Vilhena – RO.....	37
Tabela 4. Parâmetros estatísticos para a curva de crescimento do diâmetro sem casca em função da precipitação e temperatura média para a espécie <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , em Vilhena – RO.	48
Tabela 5. Coeficientes de correlação do incremento do diâmetro sem casca da classe V em relação a precipitação e temperatura média para a espécie <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , em Vilhena – RO.	48

RESUMO

LIMA, Gabriel Miranda Lima de. Universidade Federal do Acre, abril de 2020. **EFEITO DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS NO CRESCIMENTO DE *Pinus caribaea* var. *hondurensis* EM RONDÔNIA.** Orientador: Prof. Dr. Nei Sebastião Braga Gomes. O objetivo desta pesquisa foi analisar o efeito das variáveis climáticas no crescimento inicial em diâmetro e altura da espécie *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em povoamentos no estado de Rondônia. Utilizou-se duas áreas diferentes para o estudo, sendo 24 parcelas de 17,50 m x 27 m nos povoamentos jovens e 12 parcelas de 20 m x 20 m nos povoamentos adultos. Foram mensurados o diâmetro ao nível do solo (DS), diâmetro a altura do peito (DAP), altura (h), além da extração de rolos de incremento, 10 rolos de incremento por classe de DAP, totalizando 50 amostras. Por meio do aparelho RINNTECH LINTAB™ 6 foram realizadas medições do Incremento Corrente Anual (ICA) do DAP, sem casca, para o povoamento adulto. As variáveis climáticas foram obtidas por meio de estações meteorológicas localizada no município de Vilhena: Temperatura média (°C), precipitação (mm), radiação solar (Kj/m²), evapotranspiração potencial e real (mm) e umidade relativa máxima (%). A partir disso, foram elaborados gráficos e matrizes de correlação de Pearson entre as variáveis climáticas e o Incremento Periódico (IP) de diâmetro e altura. A continuidade da relação das variáveis climáticas com o crescimento, no povoamento adulto, deu-se a partir da correlação de Pearson do ICA DAP do 3º ao 12º ano. O crescimento inicial em altura não apresentou alterações em relação as variações climáticas, já o crescimento em diâmetro apresentou influência direta, com correlação positiva com precipitação, radiação solar, evapotranspiração e umidade relativa máximas. A temperatura média é um fator limitante ao desenvolvimento da espécie na região, onde apresentou uma correlação negativa ao crescimento em diâmetro. O espaçamento e o preparo do solo apresentaram-se como fatores determinantes na relação crescimento e alterações climáticas. A correlação entre as variáveis climáticas e o crescimento da espécie não é contínua ao longo da vida da planta, sendo expressivas até o 9º ano de idade da espécie.

Palavras-chaves: Análise de crescimento, Incremento Corrente Anual, Matriz de correlação, Amazônia ocidental, Pearson.

ABSTRACT

LIMA, Gabriel Miranda Lima de. Universidade Federal do Acre, april, 2020. **EFFECT OF CLIMATE VARIABLES ON THE GROWTH OF *Pinus caribaea* var. *hondurensis* IN RONDÔNIA.** Advisor: Prof. Dr. Nei Sebastião Braga Gomes. The objective of this research was to analyze the effect of climatic variables on the initial growth in diameter and height of the species *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in stands in the state of Rondônia. Two different grounds were used for the study, with 24 plots of 17.50 m x 27 m in young forest and 12 plots of 20 m x 20 m in adult forest. Diameter at ground level (DG), diameter at breast height (DBH), height (h) were measured, in addition to extracting increment rolls, 10 increment rolls per DBH class, totaling 50 samples. Using the RINNTECH LINTAB™ 6 device, measurements of the Current Annual Increment (CAI) of DBH were carried out, without shell, for the adult population. The climatic variables were obtained through meteorological stations located in the municipality of Vilhena: Average temperature (° C), precipitation (mm), solar radiation (Kj / m²), potential and real evapotranspiration (mm) and maximum relative humidity (%). From that, Pearson correlation graphs and matrices were created between climatic variables and the Periodic Increment (PI) of diameter and height. The continuity of the relationship between climatic variables and growth in the adult population was based on the Pearson correlation of the CAI DBH from the 3rd to the 12th year. The initial growth in height didn't change in relation to climatic variations, whereas the growth in diameter had a direct influence, with a positive correlation with precipitation, solar radiation, evapotranspiration and maximum relative humidity. The average temperature is a limiting factor to the development of the species in the region, where it presented a negative correlation to the growth in diameter. Spacing and soil preparation were the determining factors in the relationship between growth and climate change. The correlation between climatic variables and the growth of the species is not continuous throughout the life of the plant, being significant until the 9th year of the species.

Keywords: Growth analysis, Current Annual Increment, Correlation matrix, Western Amazon, Pearson.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS
LISTA DE GRÁFICOS
LISTA DE TABELAS
RESUMO
ABSTRACT

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1	CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE	3
2.1.1	Crescimento de <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	5
2.2	CURVA DE CRESCIMENTO DE <i>PINUS CARIBAEA</i> VAR. <i>HONDURENSIS</i>	7
2.3	IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA ESPÉCIE	8
2.4	INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS NO CRESCIMENTO DA ESPÉCIE	10
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	14
3.2	AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DE <i>PINUS CARIBAEA</i> VAR. <i>HONDURENSIS</i> EM DIFERENTES IDADES.....	16
3.3	AMOSTRAGEM DE ROLOS DE INCREMENTO	19
3.4	MENSURAÇÃO DO INCREMENTO DE <i>PINUS CARIBAEA</i> VAR. <i>HONDURENSIS</i>	19
3.4.1	Correlação do incremento com variáveis climáticas	20
3.5	TESTE ESTATÍSTICO	21
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1	AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO INICIAL EM DIÂMETRO DE <i>PINUS CARIBAEA</i> VAR. <i>HONDURENSIS</i> EM POVOAMENTOS JOVENS.	23
4.2	AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO INICIAL EM ALTURA DE <i>PINUS CARIBAEA</i> VAR. <i>HONDURENSIS</i> EM POVOAMENTOS JOVENS.....	29
4.3	VARIÁVEIS CLIMÁTICAS	35
4.4	AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DE <i>PINUS CARIBAEA</i> VAR. <i>HONDURENSIS</i> EM POVOAMENTOS ADULTOS ATRAVÉS DOS ROLOS DE INCREMENTO.	40
5	CONCLUSÃO	49
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

1 INTRODUÇÃO

Como uma alternativa viável, economicamente, para repovoar áreas previamente degradadas pela agricultura e pecuária surge o conceito de florestas plantadas, nas quais produzem matérias-primas para inúmeros produtos e ao mesmo tempo realizam seu papel de fixação de gás carbônico. Neste contexto, as florestas plantadas têm origem no Brasil na década de 70, marcada pela política de incentivos fiscais para o reflorestamento (COSTA; OLIVEIRA, 2019).

Entre as espécies mais utilizadas na composição das florestas plantadas no Brasil destaca-se as espécies do gênero *Pinus*. As espécies desse gênero foram introduzidas no Brasil no século XIX, trazidas pelos imigrantes europeus para ornamentação e exploração da madeira serrada (DOSSA *et al.*, 2002).

As espécies mais plantadas no Brasil são: *Pinus taeda*, *Pinus elliottii* (que toleram geadas), *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, *Pinus oocarpa* e *Pinus tecunumanii* (estes toleram déficit hídrico), sendo a maior parte dos plantios nos estados da região Sul do país. Em 2018, os plantios com o gênero *Pinus* ocupavam 1,6 milhão de hectares e concentravam-se principalmente no Paraná (42%) e em Santa Catarina (34%) (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2018). Os principais destinos da madeira em tora são para a produção de celulose, papel, madeira serrada, painéis de madeira reconstituída e geração de energia.

Alguns estados da região Norte, como o Amapá, Roraima, Tocantins e o Pará possuem consideráveis extensões de florestas plantadas, dada a existência de siderúrgicas e fábricas de celulose na região. Já no Amazonas, no Acre e em Rondônia, as áreas são pequenas, mas crescentes (CIPRIANI, 2018). A princípio, os principais destinos para os produtos das florestas plantadas, destes estados, são para lenha e produção de cercas e mourões (BACHA, 2008; JUVENAL; MATTOS, 2002).

No estado de Rondônia, dentre as espécies destinadas para as florestas plantadas, destaca-se o *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, principalmente no município de Vilhena, devido a sua boa adaptação às características climáticas da região. Quando adultas as árvores dessa espécie apresentam, geralmente, uma altura de fuste de 30 m e um diâmetro a altura do peito (DAP) de 80 cm (AGUIAR *et al.*, 2011; SHIMIZU, 2008). Os plantios florestais, com essa espécie, nesse município são destinados para a extração de goma-resina (substância exsudada por algumas espécies do gênero *Pinus*), com alto valor comercial para as indústrias químicas, farmacêuticas, de papel e celulose. Entretanto, tais plantios ainda apresentam um caráter experimental, com poucos estudos a respeito do seu crescimento, adaptação na região e sua capacidade produtiva.

Para que essa espécie, ou qualquer outra espécie florestal, alcance a sua produtividade máxima é necessário que o seu manejador execute os tratamentos silviculturais na época certa, e a melhor ferramenta para a identificação destes estágios é a avaliação do crescimento inicial até a rotação final previstas para esses indivíduos. Essa avaliação do crescimento ocorre por meio de medições periódicas de determinadas estruturas da planta, como por exemplo o fuste e as raízes.

As medições periódicas possibilitam a obtenção de diversas variáveis sendo as mais utilizadas para avaliação do crescimento das árvores: a altura, o diâmetro, a área transversal, o volume e o peso. Estas variáveis são unidades físicas, nas quais sofrem alterações por fatores externos, de maneira mais ou menos acentuadas, podendo-se citar a tolerância à sombra da espécie florestal, a qualidade do sítio, a posição sociológica da árvore, a competição com árvores vizinhas, densidade da floresta, a sazonalidade do clima da região, entre outros (MACHADO *et al.*, 2014; BILA, 2013; LIMA *et al.*, 2013; DAVIS *et al.*, 2001).

Este trabalho foi elaborado com base em duas hipóteses: o crescimento inicial da espécie *Pinus caribaea* var. *hondurensis* é fortemente influenciado pela variação das condições climáticas da região; e que a correlação dessas variáveis com o crescimento é distinta ao longo dos anos. Desta forma, a presente pesquisa teve como objetivo analisar o efeito das variáveis climáticas no crescimento inicial em diâmetro e altura da espécie *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em povoamentos no estado de Rondônia, bem como avaliar o crescimento e a influência do clima em florestas com idades mais avançadas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Caracterização da espécie

Segundo Oyamakin *et al.* (2013), o gênero *Pinus* engloba mais de 100 espécies com grande potencial a ser explorado. Os pinheiros pertencem ao grupo das gimnospermas, cujo significado é “semente nua”, logo são plantas vasculares que possuem sementes não protegidas por frutos. O *P. caribaea* pertence à divisão *Gymnospermae*, à classe *Pinopsida*, ordem *Pinales*, família *Pinaceae*. O pinheiro caribenho, *Pinus caribaea*, é um pinheiro duro, nativo da América Central, em Cuba, Bahamas, Ilhas Turks e Caicos, habitando regiões de clima tropical e subtropical, que incluem, desde savanas a florestas montanhosas (TEO, 2017; OYAMAKIN *et al.*, 2013). No Brasil, o *P. caribaea* é utilizado nas regiões de temperaturas mais elevadas e com déficit hídrico, como as áreas do cerrado brasileiro, visto que apresentam boa adaptabilidade e produzem madeira de excelente qualidade, além de ser uma das espécies mais exploradas para a produção de resina (FRITZSONS *et al.*, 2013).

Essa espécie apresenta três variedades distintas, sendo elas, *Pinus caribaea* var. *caribaea* (Pinheiro Caribenho), *Pinus caribaea* var. *bahamensis* (Pinheiro de Bahamas), e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Pinheiro de Honduras) (OYAMAKIN *et al.*, 2013).

De acordo Dvorak e Moura (2001), os povoamentos naturais de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* apresentam ocorrência natural nas terras baixas de Belize, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicarágua e no leste do México, em altitudes variando de 0 a 850 m. Nestas áreas as condições edafoclimáticas são amplas, ocorrendo precipitações de 950 a 3500 mm por ano, com período de seis meses de inverno seco e clima tropical, com temperaturas médias variando de 20 °C a 27,2 °C (SANTOS PEREIRA *et al.*, 2018; BILA, 2013; KRONKA *et al.*, 2005).

A variedade *hondurensis* adapta-se a vários tipos de solos, incluindo os degradados, pobres, lixiviados e com boa drenagem, além de apresentar um bom crescimento em terras arenosas com características ácidas (pH 4,3 a 6,5) (BILA, 2013; FERREIRA, 2009; ZHENG; ENNOS, 1999).

Quando adulta as árvores dessa variedade apresentam, geralmente, uma altura de fuste de 30 m e um diâmetro a altura do peito (DAP) de 80 cm. Porém, há relatos de indivíduos que apresentaram altura do fuste de 45 m e um diâmetro máximo de 135 cm (AGUIAR *et al.*, 2011; SHIMIZU, 2008). Apresenta uma copa formada por galhos retos e sem ramificações, com uma casca grossa com fissuras de cor marrom; as folhas aciculares, em fascículos de 3 acículas, de 15 a 25 cm de comprimento, de cor verde escuro a amarelado (Figura 1)(GONZÁLEZ, 2013; FERREIRA, 2009; SHIMIZU, 2008).



Figura 1. Árvores da espécie *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em diferentes idades.

Em que: **A** – árvore de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* com cerca de 2 anos de idade; **B** – árvore de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* com 12 anos de idade.

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Um dos principais problemas encontrados na espécie *Pinus caribaea* é a incidência de *foxtail*, que ocorre tanto na variedade *bahamensis* quanto na *hondurensis*

(SHIMIZU, 2008). Segundo Fritzsons *et al.* (2013), esta anomalia fisiológica é caracterizada pelo crescimento dominante do eixo principal da árvore, sem a formação de ramos. Tal anomalia resulta numa menor resistência da árvore a intempéries – como ventos fortes – acarretando a quebra do fuste, em casos extremos. Considerando essa anomalia, a variedade *caribaea* apresenta uma vantagem em relação às demais, visto que a frequência de *foxtail* é baixa ou nula (SHIMIZU, 2008).

Para Fritzsons *et al.* (2013), um dos principais problemas da utilização da variedade *caribaea*, em plantios comerciais, é a baixa produção de sementes. Outro problema, segundo Silva (2005), é que testes de progênies indicaram que sua base genética é restrita.

De acordo com Ferreira (2009), no Brasil, até os anos 1980, mais de 50.000 hectares foram plantados com *Pinus caribaea*, em sua maioria no Cerrado brasileiro. Em 2016, o Brasil liderou o ranking global de produtividade florestal, com uma média de $30,5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ nos plantios do gênero *Pinus*. Em 2018, os plantios com esse gênero *Pinus* ocupavam 1,6 milhão de hectares e concentravam-se principalmente no Paraná (42%) e em Santa Catarina (34%) (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2018).

2.1.1 Crescimento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

O *Pinus caribaea* var. *hondurensis* é originário da América Central, e em geral, apresenta crescimento superior entre os *Pinus* tropicais. Segundo Kageyma e Caser (1982), no Brasil, essa espécie apresentou uma produtividade acumulada de $93,39 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ aos quatro anos e $369,36 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ aos sete anos em povoamentos no estado do Espírito Santo. Segundo Hodge e Dvorak (2001), a espécie *Pinus caribaea* var. *hondurensis* apresenta uma produtividade de $15 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$. Para Moura e Dvorak (2001), ao estudar povoamentos da espécie *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em três países da América Latina: Brasil, Colômbia e Venezuela, constataram que no Brasil a espécie apresentou um volume médio individual de $0,30 \text{ m}^3/\text{árvore}$, altura média de 17,7 m e diâmetro a altura do peito (DAP) de 23,4 cm no Distrito Federal, aos 12 anos de idade. Os mesmos autores compararam nesse estudo a porcentagem de *foxtail* nos plantios estudados, onde constataram que o Brasil apresentou a menor incidência dessa anomalia fisiológica, sendo de 3,9%.

As plantações de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* apresentam crescimento de moderado a alto no Brasil, com média de 30 a $45 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, apresentando uma

madeira com densidade básica de baixa a moderada, prestando-se a diversas utilizações e apresentando, em seu tronco, boa capacidade de produção de resina (CARNEIRO, 2013; ARONI, 2005).

Hodge e Dvorak (2001) ao avaliar 48 povoamentos florestais com *Pinus caribaea* var. *hondurensis* na Colômbia, Brasil e Venezuela, constataram que os povoamentos do Brasil e Venezuela apresentaram um comportamento de crescimento em altura e diâmetro similar. Essa espécie apresentou uma altura média de 4 m aos 3 (três) anos, cerca de 8 m aos 5 (cinco) anos e 12 m aos 8 (oito) anos. Em relação a média dos diâmetros a altura do peito (DAP) dos povoamentos brasileiros Hodge e Dvorak (2001) obtiveram: 6 a 7 cm aos 3 (três) anos; 12 a 14 cm aos 5 (cinco) anos; e aproximadamente 18 cm aos 8 (oito) anos. Os autores destacam que os povoamentos avaliados apresentam, predominantemente, solos profundos e inférteis, com grande concentração de areia.

Moraes *et al.* (2007) ao estudarem o efeito do desbaste em *Pinus caribaea* var. *hondurensis* aos 12 anos de idade, com espaçamento 3 m x 3 m, constaram um diâmetro a altura do peito (DAP) médio de 23 cm com uma altura média de 20 m e um volume de 0,52 m³/árvore. Após um desbaste seletivo esse mesmo povoamento apresentou um aumento nos seus valores de DAP e altura, sendo 24 cm e 22 m, respectivamente. Já para Tambarussi *et al.* (2010), em plantios com a espécie *P. caribaea* var. *hondurensis* aos 14 anos de idade, constaram uma altura média de 23 m e um DAP de 25 cm.

O tipo de solo no qual o plantio está localizado pode descrever grandes alterações no desenvolvimento da espécie *P. caribaea* var. *hondurensis*, em solos argilosos essa espécie apresenta um desenvolvimento superior comparado a solos mais arenosos. Silva *et al.* (2019), ao avaliarem a produtividade de um povoamento de 30 anos de *P. caribaea* var. *hondurensis* em solos argilosos obtiveram valores de 26 m para a altura total e 36 cm para o DAP, e um volume de 1,38 m³/árvore. Entretanto é necessário ressaltar que essa espécie apresenta um padrão heterogêneo no seu crescimento, isto pode ser corroborado pelo estudo de Silva e Pimentel (2013), onde ao classificar os sítios com a espécie, constaram valores de altura dominante de 22 m aos 17 anos de idade, justificado pela grande variação no crescimento do povoamento avaliado.

A extração de resina é um fator limitante para o crescimento da espécie *P. caribaea* var. *hondurensis*, logo que essa atividade resulta na remoção de um segmento

do tronco da árvore, levando a uma redução do crescimento desta. Segundo Ferreira e Tomazello Filho (2009), ao avaliarem um povoamento da espécie *P. caribaea* var. *hondurensis* aos 8 anos de idade, observaram valores diferentes de DAP em árvores em atividade de extração de resina e árvores não exploradas para essa atividade, apresentando 16 cm e 18 cm, respectivamente. Entretanto para os autores Figueiredo Filho *et al.* (1992), ao compararem o crescimento de árvores de *Pinus elliottii* var. *elliottii* resinadas e não resinadas, houve pouca diferença no crescimento das árvores até o 15º ano do povoamento.

2.2 Curva de crescimento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

Segundo Pretzsh (2010), o crescimento de uma árvore é avaliado pelo alongamento celular de suas estruturas como raízes, troncos e galhos, ao longo do seu desenvolvimento. Entretanto, alguns órgãos apresentam um crescimento mais rápido que os demais, por isso Pretzsh (2010) e Teo (2017) definiram como crescimento, o aumento, de uma ou mais características, do tamanho de um indivíduo ou população por uma unidade de tempo.

A maneira mais utilizada para expressar o crescimento e a produção vegetal é a utilização de modelos de crescimento (TEO, 2017; SCOLFORO, 2006), onde um modelo de crescimento e produção florestal nada mais é que uma representação, de maneira simplificada, das mudanças que ocorrem em uma estrutura florestal, as quais são avaliadas por meio de um inventário florestal contínuo, indicando o crescimento, composição, estrutura e produção final da floresta (TEO, 2017). Os autores relataram que o crescimento pode ser representado por meio de tabelas, gráficos, equações ou conjunto de equações.

As variáveis, mais utilizadas, para avaliação do crescimento das árvores, são: altura, diâmetro, área transversal, volume e peso (TEO, 2017). De acordo com Davis *et al.* (2001), essas variáveis são unidades físicas, as quais sofrem alterações por fatores externos, de maneira mais ou menos acentuada, podendo citar a tolerância à sombra da espécie florestal, a qualidade do sítio, a posição sociológica da árvore, a competição com árvores vizinhas, densidade da floresta, a sazonalidade do clima da região, entre outros.

De acordo com Teo (2017), a melhor e mais divulgada forma de expressar o crescimento de um indivíduo, ou povoamento florestal equiâneo, é por meio de uma curva de crescimento, a qual exhibe o comportamento das variáveis de interesse em

relação a uma determinada idade ou sequência temporal. Essa curva é representada por dois eixos, sendo o eixo vertical a variável de interesse e no eixo horizontal a idade ou sequência temporal. Ainda, segundo Teo (2017), o seu comportamento padrão, para populações equiâneas de *Pinus spp.* caracteriza-se por apresentar valores muito pequenos nas idades iniciais e um pequeno aumento na fase juvenil da planta; seguido de uma inclinação acentuada, até sua estagnação no ponto em que a planta atinge a sua máxima área foliar ou maturidade. Ao avaliar o crescimento mensal de *Pinus taeda*, Machado *et al.* (2014) destacaram que o crescimento em diâmetro e altura está relacionado diretamente proporcional com o fotoperíodo e a temperatura, e inversamente com a pressão atmosférica. Tal relato, pode explicar diferentes valores nas variáveis de estudo em populações equiâneas de *Pinus spp.*, e sua dinâmica de crescimento.

Com base em Lima *et al.* (2013), sabe-se que a densidade de árvores por hectare interfere diretamente no desenvolvimento em diâmetro e tamanho da copa, que são fatores importantes para produção de goma resina. Essa influência pode ser quantificada, logo que Neves *et al.* (2006), ao estudar a relação diâmetro e produção de resina, identificou que a cada 1cm de acréscimo no DAP corresponde a um aumento de 10,54 g de produção de goma resina por planta e por estria. Entretanto, experiências realizadas na Europa e África do Sul, sobre o crescimento inicial em altura, mostraram que esta variável é pouco afetada pela densidade de plantio (BILA, 2013; SCHNEIDER, 2008).

Para a seleção das variáveis climáticas que apresentam influência sobre a variável de interesse deve-se levar em conta alguns critérios estatísticos. Dentre esses critérios, consoante Machado *et al.* (2014), destaca-se o coeficiente de correlação de Pearson. Além disso, tendo em vista a crescente demanda na determinação de modelos de crescimento que avaliem um curto intervalo de tempo e o crescimento mensal dos indivíduos, diversos estudos utilizam como variável o incremento corrente mensal (ICM) da altura e diâmetro do indivíduo, o que permite avaliar e quantificar o acúmulo do crescimento dessas variáveis ao longo dos meses (CASTRO, 2015; MACHADO *et al.*, 2014; ĆIRKOVIĆ-MITROVIĆ *et al.*, 2013).

2.3 Importância econômica da espécie

Algumas plantas, como as coníferas, ao longo de sua evolução apresentaram mecanismos de autodefesa contra insetos e fungos. Um destes mecanismos é a

secreção de substâncias comumente denominadas de resina. Além disso, sabe-se que as resinas também atuam no processo de cicatrização de feridas nas plantas e eliminação de acetatos desnecessários (FERREIRA, 2009).

De acordo com Santos (2014), todas as espécies de pinus apresentam resina, em maior ou menor quantidade, sendo que algumas delas destacam-se por sua maior produtividade e melhor qualidade da resina. As espécies mais utilizadas na exploração de resina no mundo são: *Pinus elliottii* var. *elliottii*, *P. elliottii* var. *densa*, *P. massoniana*, *P. caribaea* var. *bahamensis*, *P. caribaea* var. *hondurensis*, *P. caribaea* var. *caribaea*, *P. yunnanensis*, *P. merkusii*, *P. oocarpa*, *P. kesiya*, *P. pinaster*, *P. sylvestris*, *P. palustris*, *P. nigra*, *P. taeda*, *P. roxburghii*, *P. merkusii*, *P. wallichiana*, *P. pallasiana*, *P. sibirica*, *P. pinea*, *P. tropicalis* e *P. halepensis* (SANTOS, 2014; SONG; LIANG; LIU, 1995).

Conforme Neves *et al.* (2001), a goma resina obtida pela exsudação de árvores de *Pinus spp.* são uma mistura de hidrocarbonetos de cadeia longa, compostos por vários ácidos resínicos tendo como principal deles o ácido abiético, que após destilação, torna-se uma parte sólida denominada de breu e uma parte volátil denominada terebintina.

Os subprodutos oriundos da destilação da goma resinam apresentam uma diversidade de usos para a indústria. A terebintina é utilizada como solvente de tintas especiais, nas indústrias química e farmacêutica. O breu é aplicado na fabricação de tintas, vernizes, plásticos, lubrificantes, adesivos, inseticidas, germicidas e bactericidas. Entretanto, seu principal emprego é na a fabricação de colas destinadas a indústria de papel e celulose (FERREIRA, 2009; AUGUSTO FILHO, 1994).

Com base nos dados do COMTRADE (2018), no ano de 2015, as transações de resina de breu somaram aproximadamente US\$ 1,3 bilhão, liderados por EUA (21%), China (16%), Portugal (13%) e Brasil (9%). Já para o comércio de resina de terebintina, as transações movimentaram mais de US\$ 163 milhões, onde destacaram-se como principais exportadores EUA (37%), Brasil (15%) e China (9%). No ano de 2015, o preço médio da resina no mercado externo foi de US\$ 1.725,00/tonelada para o breu e US\$ 1.584,00/tonelada para a terebintina (COMTRADE, 2018; ARESB, 2018; MEDEIROS *et al.*, 2017).

A safra de resina no Brasil no período de 2017/2018, a partir de árvores de *Pinus elliottii* e de pinus tropicais foi de 154.832 e 30.860 toneladas, respectivamente. O estado de São Paulo é responsável por cerca de 59,34% da produção brasileira. O

único estado da região norte produtor de resina é Rondônia, com uma produção, na safra de 2016/2017, de 1.510 toneladas, ou 0,81% da produção nacional, proveniente de espécies de pinus tropicais, no qual está incluído o *Pinus caribaea* e suas variedades. Na safra de 2017/2018, a produção de resina nesse estado atingiu 1.860 toneladas, o que representou um aumento de 23% na produção dessa matéria prima na região (ARESB, 2018).

Segundo Moreira e Quadros (2018), no município de Vilhena, Rondônia, os povoamentos de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* apresentaram uma lucratividade de R\$ 6.799,09 por hectare, a uma taxa de juros de 12% ao ano. Os autores ressaltaram a importância da atividade devido a capacidade de obtenção de lucro a partir do 5º ano até o final do ciclo da cultura possibilitando uma amortização dos custos do empreendimento.

Além da produção de goma-resina, o gênero *Pinus* é utilizado para a produção de fibras longas para a indústria de papel e celulose. Segundo o relatório da Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ (2019), em 2018, o Brasil se consolidou como o segundo maior produtor mundial de celulose, com uma produção total de 21,1 milhões de toneladas. Desta produção total, cerca de 2,31 milhões de toneladas foram provenientes de plantios com o gênero *Pinus*. Ainda segundo o relatório do IBÁ (2018), em 2018, os plantios com o gênero *Pinus* atenderam à necessidade de consumo de diversos setores da indústria no Brasil, sendo eles: celulose e papel com 10 milhões de m³; painéis reconstituídos com 7,4 milhões de m³; e lenha industrial com 4 milhões de m³.

2.4 Influência das variáveis climáticas no crescimento da espécie

O crescimento das plantas é influenciado diretamente pelos elementos climáticos como a precipitação, temperatura, luminosidade, pressão atmosférica e fatores edáficos. Segundo Jacoby (1989), as variações de temperatura, precipitação, radiação solar, entre outros elementos meteorológicos são mais significativos em áreas de clima temperado do que em climas tropicais quando discutido o ritmo de crescimento das árvores. Entretanto, essa relação entre crescimento e variação dos elementos climáticos não é constante ou simples, uma vez que de acordo com Bamberg (2019), um ou múltiplos elementos climáticos podem prevalecer sobre os outros e influenciar de forma determinante os mecanismos que irão regular o crescimento de um indivíduo.

Um dos mecanismos fundamentais para regular o crescimento das plantas é a fotossíntese, onde ocorre a interceptação da luz para a produção de hidratos de carbono responsáveis pela síntese de proteínas e a formação de novos tecidos (como ramos, caule, raízes e folhas novas) (LANDSBERG, 2003).

Assim, a quantidade de radiação interceptada é um valor determinante para o crescimento de determinada espécie. Além disso, a eficiência fotossintética é afetada pelo estado nutricional das folhas e também depende da absorção de CO₂ por meio dos estômatos, o que pode ser afetado pelo estado hídrico das folhas (BEHLING, 2014; LANDSBERG, 2003). Já para Tonini *et al.* (2019), ao estudarem a influência da quantidade de luz solar sobre a alocação de biomassa em *Eucalyptus grandis* e *E. urophylla*, constataram que o maior acúmulo de biomassa foi nas áreas da planta onde tiveram uma maior exposição aos raios solares.

A radiação solar está ligada diretamente com o aumento da temperatura (BAMBERG, 2019), não obstante a fotossíntese não aumenta infinitamente com a temperatura, uma vez que há uma temperatura considerada ideal para o funcionamento da fotossíntese em cada espécie. Valores de temperatura acima desse ideal são considerados nocivos ao desenvolvimento de qualquer espécie, devido ao fato das enzimas e membranas envolvidas no processo fotossintético perderem as suas funções, pelo processo de desnaturação (PHILLIPS *et al.*, 2008; ALLEN; ORT, 2001; SAXE *et al.*, 2001).

As temperaturas mínima e máxima diária são essencialmente importantes na dinâmica de crescimento da planta, uma vez que podem aumentar a produtividade da fotossíntese e logo o crescimento da planta, ou podem interromper o crescimento temporariamente ou permanentemente. De acordo com Fonseca (2019), ao estudar o efeito das condições térmicas no crescimento inicial de clones de eucalipto, constatou que a temperatura média baixa foi prejudicial ao crescimento dos clones, tendo como consequência, a diminuição da produção de biomassa, área foliar e alteração das trocas gasosas das plantas com o ambiente. O mesmo autor justifica que as temperaturas baixas afetam diretamente o transporte de água e as reações bioquímicas das plantas, sendo nociva para o crescimento da mesma. Já para Landsberg e Sands (2011), as altas temperaturas podem reduzir a assimilação de carbono da planta, devido ao aumento da transpiração e ao fechamento dos estômatos. As altas temperaturas também provocam o aumento do desfolhamento, brotação precoce de folhas, e em casos

extremos a mortalidade dos indivíduos (NOIA JUNIOR *et al.*, 2018; TESKEY *et al.*, 2015).

A água é considerada um fator limitante para a produtividade florestal, uma vez que é responsável por todas as reações metabólicas e condução de substâncias no interior das plantas. Segundo Landsberg e Sands (2011), a quantidade de vapor de água no ar é importante no crescimento das plantas, pois está relacionado com a quantidade de água que é perdida pela planta, por meio do processo de transpiração. A água é responsável pela turgescência das células e a integridade estrutural da planta, onde a quantidade de água no interior da célula é impulsionada pelo gradiente de pressão de vapor de água entre as folhas e o ar (LANDSBERG; SANDS, 2011; KITAO, 2000). Logo, a quantidade de vapor de água é vital para o processo de crescimento das plantas, visto que controla a velocidade com que a planta perde água, a partir das folhas, para a atmosfera através dos estômatos pelo processo de transpiração (LANDSBERG; SANDS, 2011).

O controle da quantidade de água disponível para as árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* é um fator determinante, principalmente nas árvores destinadas a atividade econômica de extração de resina. De acordo com Monteiro *et al.* (2016) as árvores desta espécie são bastante susceptíveis as alterações na disponibilidade de água no solo, a baixa disponibilidade deste elemento proporciona a estagnação da translocação de seiva resultando na redução ou ausência de exsudação de goma-resina, o que acarreta em perdas econômicas severas. Além disso, a estagnação da translocação de seiva pode resultar no colapso no sistema de transporte de água e nutrientes da planta e, conseqüentemente, na mortalidade deste indivíduo.

A interação das variáveis climáticas com a área de plantio é fundamental para o estabelecimento de qualquer espécie. As características da área de plantio podem aumentar ou reduzir o efeito dessas variáveis climáticas sobre o desenvolvimento da espécie. Esta relação pode ser corroborada pelo estudo de Pinto Júnior e Jacob (1979), que ao avaliarem progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* provenientes de diferentes países constataram diferentes valores de altura e diâmetro ao nível do peito (DAP) em ambientes com a mesma quantidade de chuvas ao longo do ano, mas com altitudes diferentes. Esses autores observaram que em ambientes com uma maior altitude, as taxas de crescimento para essa espécie eram superiores.

Já para os autores SETTE JR *et al.* (2010), ao avaliarem o crescimento em diâmetro do tronco de *Eucalyptus grandis* em relação as variáveis climáticas e a

fertilização mineral, constataram que mesmo com um alto nível de precipitação ocorreu uma redução do incremento em diâmetro para essa espécie. Tal fato foi atribuído ao elevado teor de umidade do solo, o que afetou diretamente a respiração e a translocação de nutrientes pelas raízes e o processo da fotossíntese, indicando uma relação bastante complexa entre as variáveis climáticas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

O município de Vilhena é conhecido por “portal da Amazônia”, visto que está situada na entrada para a região Amazônica. Segundo dados do IBGE (2018), a cidade está localizada a uma latitude 12°44'26" sul e a uma longitude 60°08'45" oeste, e altitude de 615 metros, com extensão territorial de 11.699,146 km² e população estimada de 97.448 habitantes. O clima da região do estudo, de acordo com a classificação de Köppen, recebe a denominação de Aw, tropical com estação seca. Logo, apresenta um clima quente e úmido considerado ameno para os padrões climáticos da região amazônica, com friagens entre os meses de abril a setembro, com uma temperatura média anual de 25,8 °C e 2.043,60 mm de precipitação anual.

O solo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, com areia distrófica, no qual está associado a áreas com relevo plano, suave ondulado ou ondulado. Ocorrendo em ambientes bem drenados, muito profundos e uniformes em relação as características de cor, textura e estrutura em profundidade (SCHLINDWEIN *et al.*, 2012; ADAMY, 2010).

Este estudo foi realizado na fazenda OCB Forestry, localizada no município de Vilhena, estado de Rondônia, a uma latitude 12°29'31" sul e a uma longitude 60°03'17" oeste (Figura 2), com uma área total de plantio, planejada, de 5.000 hectares, tendo como foco os plantios de 2016 (com 1.116,90 ha), e 2017 (com 1.468,50 ha); e na fazenda Nova Londrina (Figura 2), a uma latitude 12°39'13" sul e a uma longitude 60°18'47" oeste, com uma área total de plantio de 241,24 ha, localizada no mesmo município.



Figura 2. Localização das áreas de estudo no município de Vilhena, Rondônia.

Fonte: Elaborado pelo autor.

As árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* presentes nas duas áreas de estudo são provenientes de mudas seminais, oriundas de viveiros localizados no estado de São Paulo. Os povoamentos na fazenda OCB Forestry foram implantados a partir

de 2016, com a finalidade da extração da goma-resina aos 6 anos de idade, com previsão da realização do primeiro desbaste ao 5º ano e o segundo, ao 10º ano.

Já os povoamentos da fazenda Nova Londrina foram implantados a partir de 2007, com um caráter experimental na região de Vilhena. Inicialmente esse plantio tinha a finalidade de produção de madeira serrada, entretanto devido a expansão da extração de resina na região buscou-se atender a demanda dessa atividade. Nesses povoamentos foi realizado apenas um desbaste ao 6º ano do plantio, em 2011.

3.2 Avaliação do crescimento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em diferentes idades.

Para avaliar o crescimento da espécie *Pinus caribaea* var. *hondurensis* determinou-se como indivíduos jovens os povoamentos da fazenda OCB Forestry e como indivíduos adultos os povoamentos da fazenda Nova Londrina. Esta classificação foi necessária para o estudo devido a finalidade de identificar o comportamento dessa espécie em diversas idades, além de observar o seu crescimento em áreas com características climáticas e tipologia do solo semelhantes, mas sob diferentes espaçamentos e tratamentos silviculturais.

As medições ocorreram no período compreendido entre agosto de 2018 a dezembro de 2019, totalizando 1 ano e 4 meses de coleta. Nos povoamentos jovens da fazenda OCB Forestry foram realizadas coletas de dados a cada 4 meses. Já nos povoamentos adultos da fazenda Nova Londrina foram realizadas duas coletas de dados, sendo a primeira em dezembro de 2018 e a última em dezembro de 2019.

Para a obtenção do número de unidade amostrais (n) utilizou-se os parâmetros de amostragem casual simples descritos por Cochran (1977) e Queiroz (2012), expressos pela equação abaixo (Equação 1):

$$n = \frac{t^2 \cdot (CV\%)^2}{(E\%)^2 + \frac{t^2 \cdot (CV\%)^2}{N}} \quad (1)$$

Em que: n= intensidade amostral ideal; t= valor tabelado de t para um nível de significância definido; CV%= coeficiente de variação em porcentagem; N= número de amostras cabíveis na população.

Nos povoamentos jovens de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* com espaçamento padrão de 3,50 x 2,70 m, plantados em 2016 e 2017, na fazenda OCB Forestry, foram instaladas 2 (duas) unidades amostrais permanentes de 17,50 x 27 m (472,50 m²) por talhão, totalizando 24 parcelas, as quais foram selecionadas de acordo com a declividade da área (Figura 3). Nessas parcelas foram mensuradas todas as

árvores em relação ao diâmetro ao nível do solo (DS), com um paquímetro digital; e a altura total (h), usando uma régua graduada e um hipsômetro Haglöff. Para a mensuração da variável altura houve uma diferenciação na metodologia utilizada devido a necessidades de operacionalização em campo, utilizando uma metodologia para cada povoamento, no qual utilizando-se de uma régua altimétrica com precisão 1,0 cm foram mensuradas as árvores pertencentes ao plantio do ano de 2017; por meio de um hipsômetro Haglöff foram mensuradas as árvores provenientes do plantio do ano de 2016, sendo nesse caso feito a mensuração da primeira, quinta e décima árvore por linha de plantio.

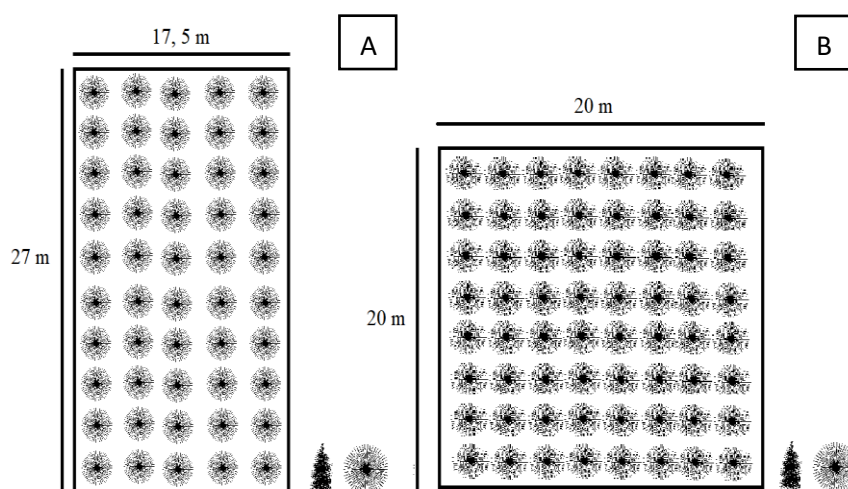


Figura 3. Esquema amostral das parcelas implementadas nos dois povoamentos.

Em que: **A** – parcelas permanentes implementadas nos povoamentos jovens; **B** – parcelas permanentes implementadas nos povoamentos adultos.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Já para os povoamentos adultos de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* com espaçamento padrão de 2,50 x 2,50 m, plantados em 2006, na fazenda Nova Londrina foram implantadas 2 (duas) unidades amostrais permanentes de 20 x 20 m (400 m²) por talhão, totalizando 12 parcelas, nas quais foram distribuídas de acordo com a representatividade da área de cada talhão, e identificadas todas as árvores (Figura 4).



Figura 4. Identificação das árvores adultas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, na fazenda Londrina, em Vilhena – RO.

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

Nas parcelas da fazenda Nova Londrina foram mensuradas todas as árvores em relação ao diâmetro a altura do peito (DAP) utilizando uma fita métrica (convertendo seus valores em diâmetro); e a altura total (h) com o hipsômetro Haglôf. Durante a última coleta, em dezembro de 2019, retirou-se 10 rolos de incremento por classe diamétrica, utilizando-se o trado de Pressler, totalizando 50 amostras de rolos de incremento do diâmetro a altura do peito, a 1,30 m altura (Figura 5), distribuídas em 5 (cinco) classes diamétricas, sendo: Classe I (10-15 cm), Classe II (15-20 cm), Classe III (20-25 cm), Classe IV (25-30 cm), Classe V (maior que 30 cm).

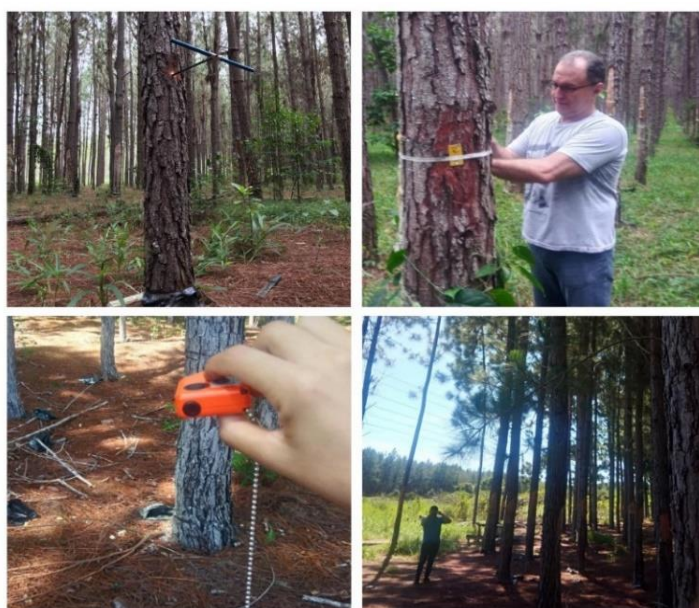


Figura 5. Instalação de parcelas e mensuração de árvores adultas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

3.3 Amostragem de rolos de incremento

Para a análise dendrocronológica dos anéis de crescimento, utilizou-se amostras de madeira denominadas “rolos de incremento” retiradas dos troncos a 1,30 m de altura, aos 13 anos de idade do plantio, em 2019. A altura do peito é indicada por vários autores como a melhor localização da amostragem para à análise dendrocronológica dos anéis de crescimento (LOIOLA *et al.*, 2019; HESS *et al.*, 2018; LORENSI; PRESTES, 2018; MEDEIROS, 2016).

O processo de análise do crescimento dendrocronológico, utilizando amostras na forma de “rolos de incremento”, consiste na avaliação da distância entre a medula e os anéis formados no lenho da árvore. Para a visualização dos anéis e sua possível medição no aparelho RINNTECH LINTAB™ 6 foi necessário a realização da escarificação das amostras com lixas de diferentes granulometrias, até que fosse possível a visualização nítida dos anéis no lenho (Figura 6). Neste trabalho utilizou-se as lixas com a granulometria de 120, 150 e 180, nessa ordem, respectivamente.

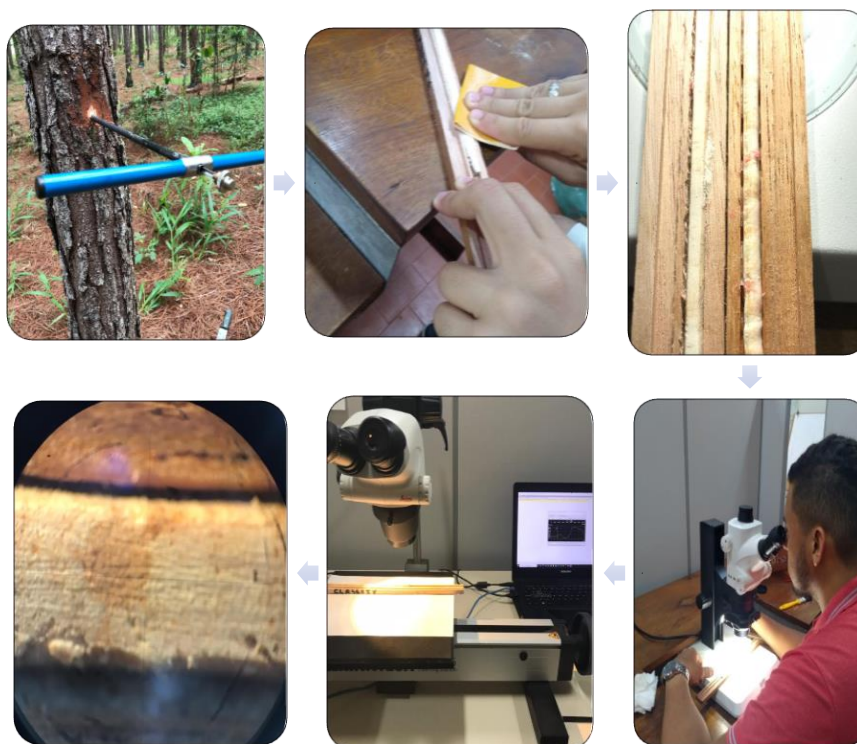


Figura 6. Sequência cronológica do processo de análise dendrocronológica dos anéis de crescimento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Fonte: Arquivo pessoal do autor.

3.4 Mensuração do incremento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

Para a análise do crescimento do diâmetro ao nível do solo e da altura total mensais dos povoamentos jovens, foram desenvolvidas curvas de crescimento, a cada

4 (quatro) meses, no período compreendido de agosto de 2018 a dezembro de 2019, a fim de comparar a variação no comportamento do crescimento nas duas estações da região: nos meses de estação chuvosa e nos meses de estação seca. Foram também construídos gráficos de incrementos periódicos (IP) dos plantios, buscando-se interpretar os períodos de maior e menor crescimento das espécies no decorrer de um ano, e correlacionar estas alterações com as variáveis meteorológicas.

Segundo Soares (2011), o Incremento Periódico (IP) é a diferença entre as dimensões de uma árvore ou floresta tomadas em uma medição final (Y2) e uma medição inicial (Y1) do período do crescimento. Sendo o incremento periódico calculado pela seguinte expressão (Equação 2):

$$IP = Y2 - Y1 \quad (2)$$

Em que: Y2= última medição; Y1= medição realizada no mês anterior.

Para corroborar a correlação do crescimento em diâmetro com as variáveis climáticas foram realizadas medições do Incremento Corrente Anual (ICA) do diâmetro a altura do peito, sem casca, com base nos rolos de incremento mensurados no RINNTECH LINTAB™ 6.

3.4.1 Correlação do incremento com variáveis climáticas

Foram obtidas bases de dados meteorológicos diários e anuais provenientes das estações meteorológicas localizadas no município de Vilhena. Dentre as informações analisadas, estão: temperatura média (°C), precipitação (mm), radiação solar (Kj/m²), evapotranspiração potencial (mm), evapotranspiração real (mm) e umidade relativa máxima (%).

O presente estudo utilizou duas estações meteorológicas A e B, ambas localizadas no município de Vilhena, sendo a primeira no Instituto Federal de Rondônia e a segunda as margens da BR-364 (Figura 7). Onde a distância entre a estação meteorológica A e as duas áreas de estudos é de 20 km para a fazenda Nova Londrina e 29 km para a fazenda OCB Forestry. Já para em relação a estação meteorológica B a distância é de 14 km para a fazenda Nova Londrina e de 27 km para a fazenda OCB Forestry.

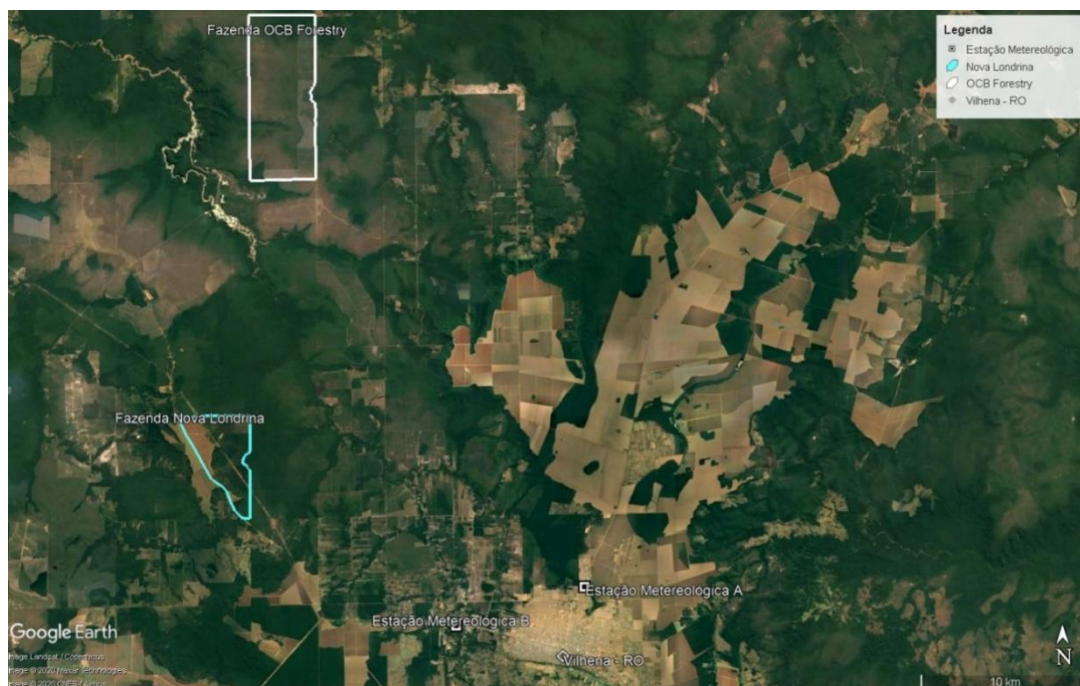


Figura 7. Localização da estação meteorológica no município de Vilhena, Rondônia.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir da coleta dessas informações, foram elaboradas matrizes de correlação entre o Incremento Periódico (IP) em altura e diâmetro frente às variáveis climáticas, a fim de identificar quais são as mais relacionadas com o crescimento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Para as variáveis que apresentaram maior correlação, foram elaborados gráficos que representam essa relação, considerando os meses do ano no eixo 'x' e as variáveis climáticas e dendrométricas no eixo 'y'.

3.5 Teste estatístico

No intuito de estabelecer a existência ou não de relação entre as variáveis meteorológicas, citadas anteriormente, e o crescimento da espécie foi realizada a análise de correlação de Pearson (r) para o período compreendido da avaliação e para as duas estações do ano. Os dados obtidos foram submetidos a análise estatística por meio do programa *Statistical Analysis Software 9.4* (SAS), determinando seus valores de variância, coeficiente de variação em porcentagem (CV%), desvio padrão e correlação de Pearson.

Este coeficiente de correlação é bastante susceptível a valores aberrantes ou valores atípicos (“outliers”), isto posto foi necessário estabelecer um valor aceitável máximo na distribuição dos dados, utilizando para tal pressuposto o coeficiente de variação (CV%) abaixo de 35% para cada variável no estudo, adaptando a classificação proposta por Pimentel-Gomes e Garcia (2002) para este coeficiente, onde

segundo estes autores considera-se tal coeficiente como baixo, quando são inferiores a 10%; médio, quando estão entre 10 e 20%; altos, quando estão entre 20 e 30%. Essa adaptação tornou-se essencial devido a diferença nas idades dos povoamentos avaliados e as diferenças marcantes existentes no diâmetro a altura do peito em relação ao diâmetro ao nível do solo em conformidade com Machado *et al.*, 2014; Bila, 2013; Lima *et al.*, 2013; Davis *et al.*, 2001.

A avaliação qualitativa da correlação de Pearson (r) foi efetuada com base nos critérios estabelecidos por Callegari-Jacques (2003), segundo o qual se a correlação estiver entre: $0,00 < r < 0,30$, existe fraca correlação linear; $0,30 \leq r < 0,60$, existe moderada correlação linear; $0,60 \leq r < 0,90$, existe forte correlação linear; $0,90 \leq r < 1,00$, existe correlação linear muito forte.

Com a finalidade de avaliar a correlação do crescimento do incremento corrente anual nos povoamentos adultos em relação as variáveis de precipitação anual (mm/ano) e temperatura média anual utilizou-se os coeficientes de correlação de Pearson em 4 (quatro) intervalos de tempo, do 3º até 12º ano.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliação do crescimento inicial em diâmetro de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em povoamentos jovens.

Pode-se perceber que as curvas de produção em diâmetro ao nível do solo de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Gráfico 1) não apresentaram um formato linear constante. Isto pode ser explicado pela grande variação do incremento periódico ao longo do ano, o qual não apresentou um comportamento uniforme comumente exibido pelas curvas de incremento (WOLFF II *et al.*, 2019; TEO, 2017; SANTOS *et al.*, 2017; NASCIMENTO, 2016). Outra possível explicação é a origem do material genético das mudas, nas quais são provenientes de plantios seminais.

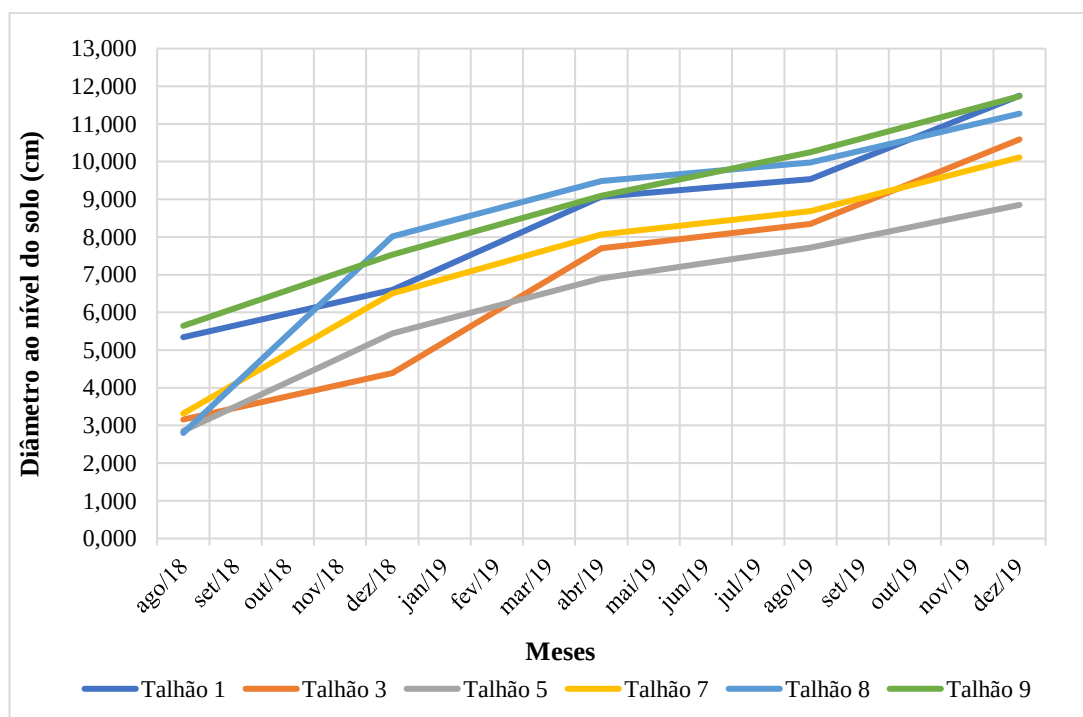


Gráfico 1. Curvas de produção mensal de diâmetro para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, por talhão e para o plantio de 2016.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O diâmetro é uma variável bastante utilizada para descrever o comportamento do crescimento inicial de uma espécie arbórea em resposta as variações climáticas existentes em uma determinada região (ARAUJO, 2019; TEO, 2017; DAVIS *et al.*, 2001). O incremento em diâmetro ao nível do solo demonstrou-se diferente nos dois povoamentos avaliados (Gráfico 2), onde houve uma variação e um crescimento maior nos povoamentos pertencentes ao ano de 2016, uma provável explicação para esse fato é que em povoamentos mais jovens, como é o caso dos povoamentos implantados em 2017, as árvores dão prioridade ao crescimento em altura em relação ao crescimento diamétrico (EVANGELISTA SILVA *et al.*, 2019). Ao estudar o crescimento e produção mensal de *Pinus taeda*, os autores Machado *et al.* (2014) constataram que o incremento corrente anual em diâmetro, a 10 cm do solo, apresentou pouca variação nos três anos estudados, porém ao avaliar o incremento mensal do terceiro ano observou-se alterações relacionadas as variáveis climáticas temperatura, fotoperíodo e temperatura mínima. Tal fato justificaria a baixa variação no incremento periódico do diâmetro dos povoamentos pertencentes a 2017.

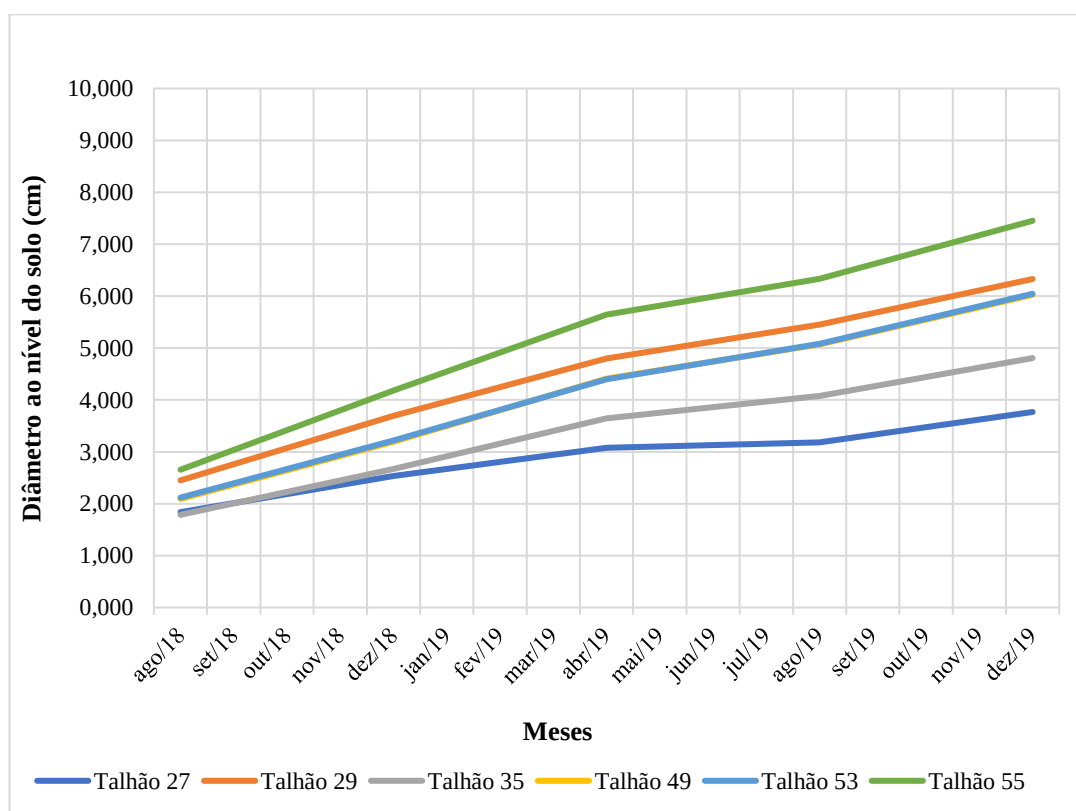


Gráfico 2. Curvas de produção mensal de diâmetro para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, por talhão e para o plantio de 2017.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Outra provável explicação para esse fato é a variação na época de plantio dos talhões, visto que para um melhor aproveitamento do período mais chuvoso a empresa

responsável pelos povoamentos realizou o plantio dos talhões em meses diferentes, iniciando no final do mês de novembro e finalizando no início do mês de janeiro. Proporcionando uma variação no tamanho em altura e diâmetro das mudas antes do começo do período chuvoso, resultando em indivíduos com uma estrutura radicular mais adaptada a absorção de água do que os plantados mais tardiamente.

O diâmetro ao nível do solo para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* apresentou grande alteração em relação as variáveis climáticas da região (Gráfico 3). Para ambos os povoamentos essa variável dendrométrica apresentou respostas positivas e negativas em relação as variáveis climáticas, demonstrando graficamente que houve um aumento diretamente proporcional nas variáveis de precipitação (mm), radiação solar (Kj/m^2), evapotranspiração potencial e real (mm), e umidade relativa máxima (%). Na fase inicial de todos os seres do reino vegetal a água é um elemento vital, possuindo a concentração ideal deste elemento as plantas podem realizar seus processos metabólicos e assim produzir novos tecidos, por isso ao observar os períodos chuvosos dessa região, de novembro até março, foi possível observar um maior acúmulo de incremento diamétrico. Já nos meses onde houve um decréscimo das chuvas apresentou uma redução drástica do crescimento dessa espécie.

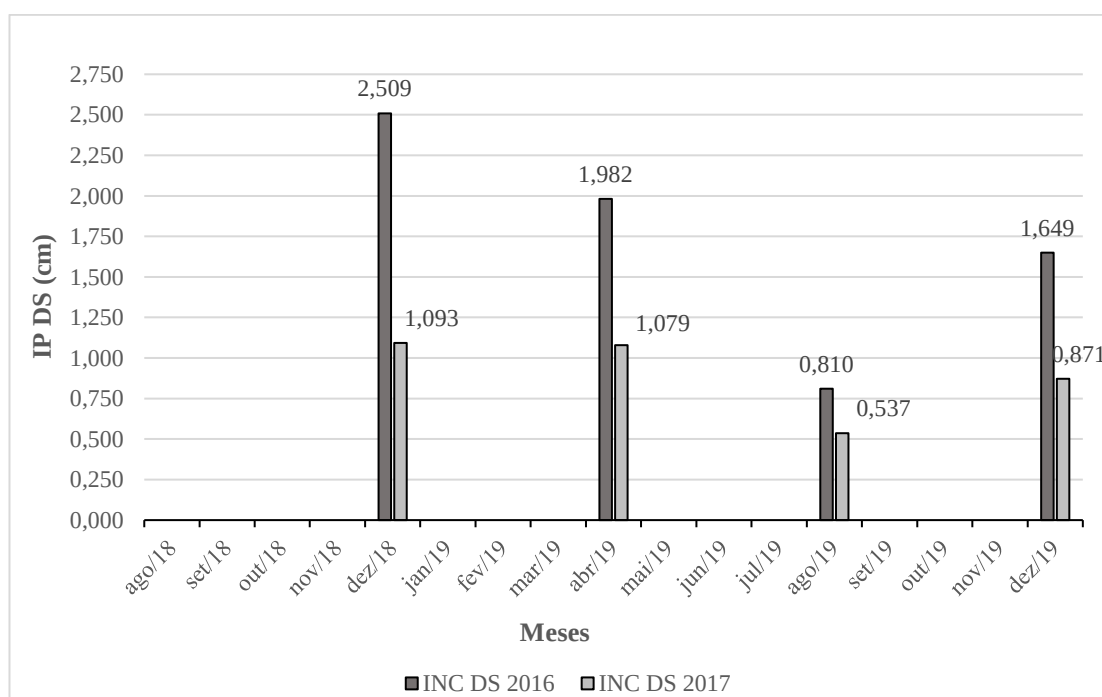


Gráfico 3. Incremento periódico do diâmetro ao nível do solo de povoamentos de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, em Vilhena – RO.

Em que: INC DS 2016 – Incremento periódico do diâmetro ao nível do solo nos povoamentos de 2016; INC DS 2017 – Incremento periódico do diâmetro ao nível do solo nos povoamentos de 2017.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A radiação solar e a temperatura são outros elementos essenciais para o desenvolvimento dos seres vegetais. Estas variáveis apresentaram uma atuação semelhante, uma vez que ambientes com altas taxas de temperatura apresentam uma maior incidência de radiação solar e vice-versa. A radiação solar para essa espécie apresentou um grande impacto sobre o crescimento inicial do diâmetro ao nível do solo (Gráfico 4), observando-se que nos meses onde houve pouca alteração dessa variável há um aumento no incremento periódico, e nos meses onde houve um aumento abrupto ocorreu uma drástica redução neste incremento. Uma provável explicação para essa relação está no processo de fotossíntese, no qual apresenta um limite de radiação solar em que a planta consegue suportar e transformar em energia, passando deste limite essa variável torna-se nociva ao crescimento da planta.

Observando a relação entre o incremento periódico e a temperatura média foi possível constatar que há uma correlação inversamente proporcional, onde o aumento da temperatura média responde na diminuição do ganho em incremento da planta. Tal fato tem como possível resposta a temperatura média ideal para essa variedade, visto que para o *Pinus caribaea* var. *hondurensis* a temperatura média anual deve variar entre 20 a 27°C. Neste caso, a temperatura média da região variou de 25 a 29°C, indicando uma intolerância da espécie a essa variação na temperatura, refletindo diretamente na redução do incremento periódico nos meses mais quentes de julho a outubro, tendo em setembro de 2019 uma temperatura média de 29°C.

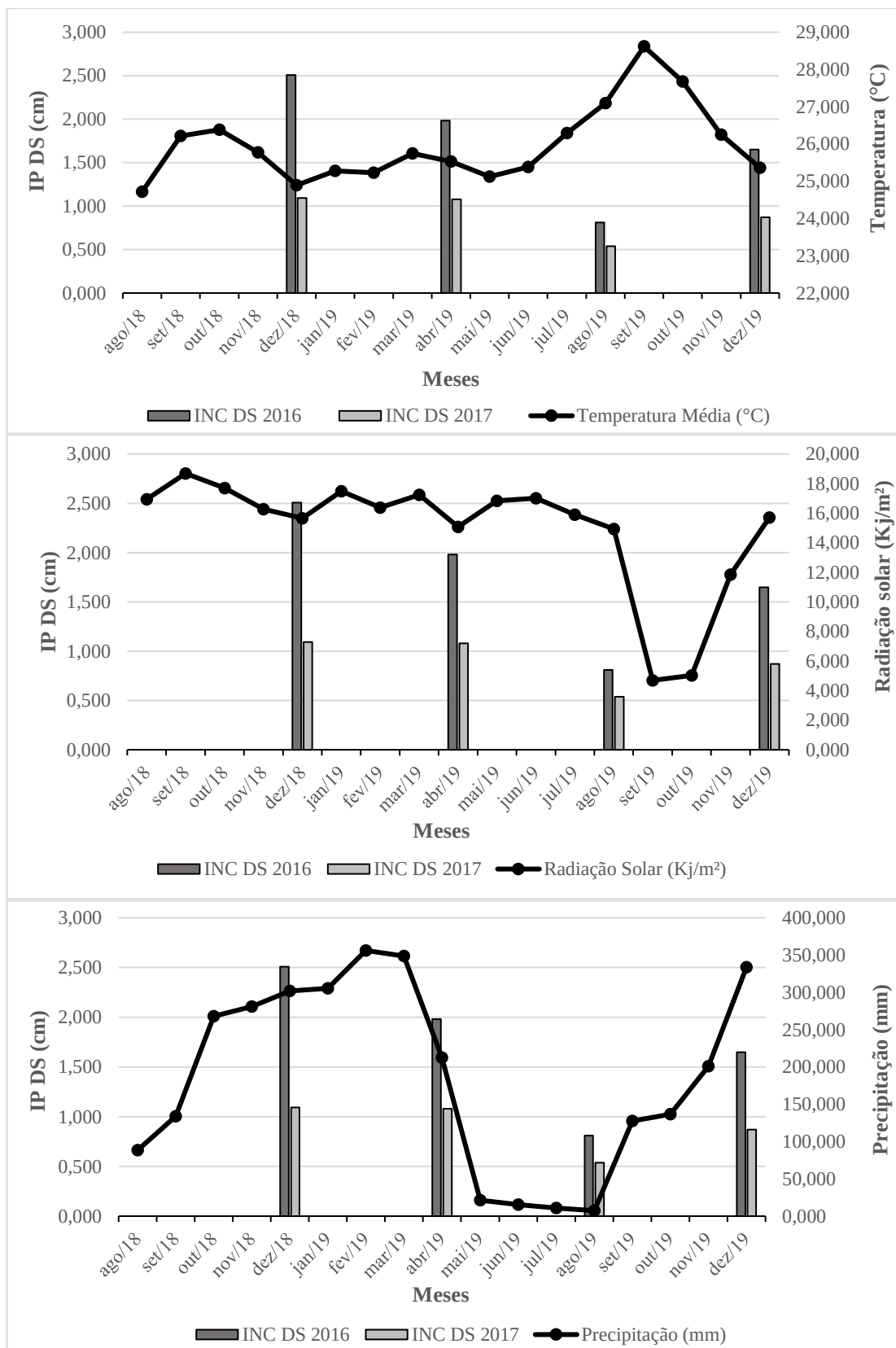


Gráfico 4. Relação entre incrementos periódicos em diâmetro com as variáveis climáticas mais correlacionadas com *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Em que: INC DS 2016 – Incremento periódico do diâmetro ao nível do solo nos povoamentos de 2016; INC DS 2017 – Incremento periódico do diâmetro ao nível do solo nos povoamentos de 2017.

Fonte: Elaborado pelo autor.

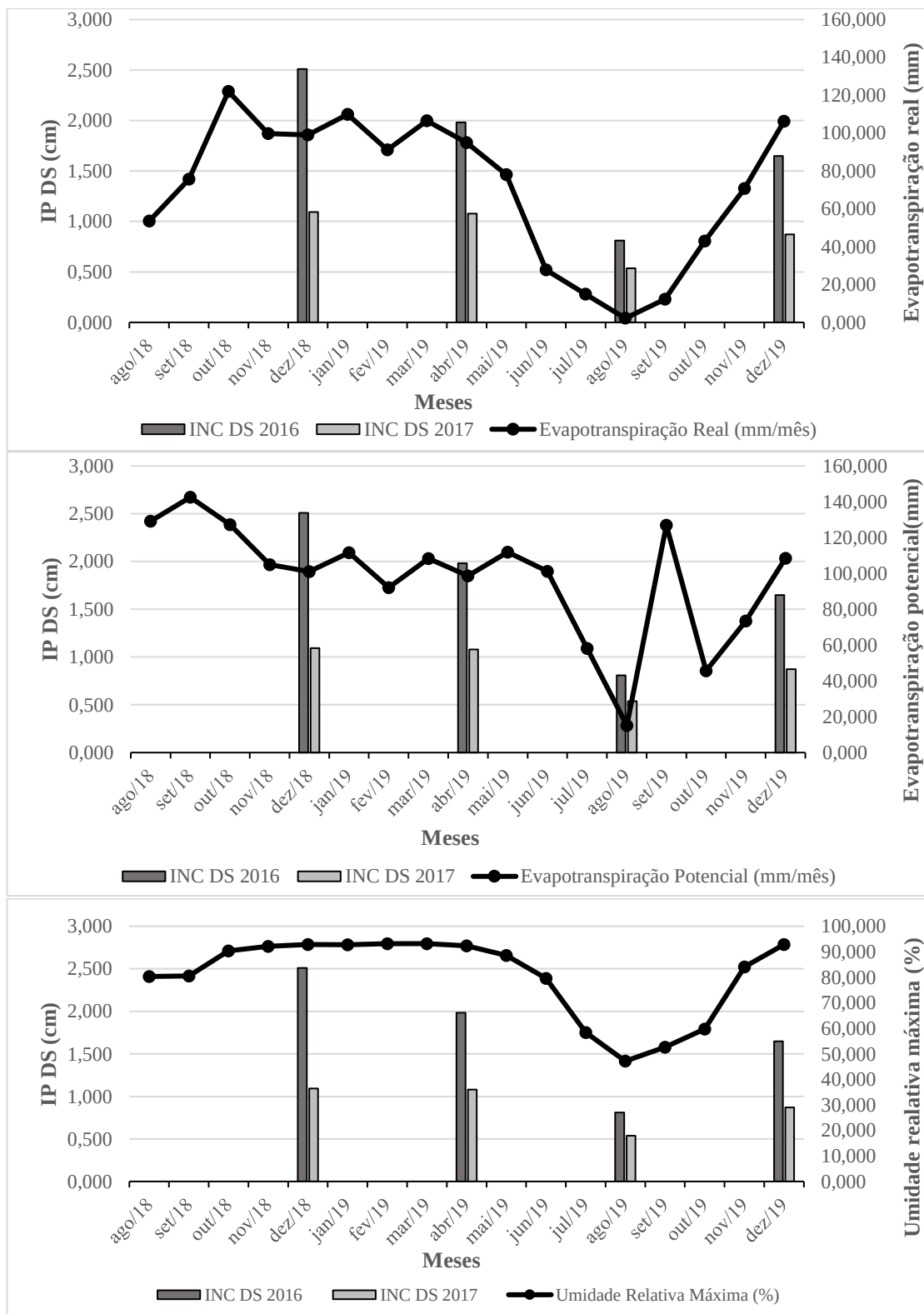


Gráfico 4. Relação entre incrementos periódicos em diâmetro com as variáveis climáticas mais correlacionadas com *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Em que: INC DS 2016 – Incremento periódico do diâmetro ao nível do solo nos povoamentos de 2016; INC DS 2017 – Incremento periódico do diâmetro ao nível do solo nos povoamentos de 2017.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Além da baixa resistência da espécie à variação da temperatura, Bamberg (2019) ao avaliar o efeito das variáveis climáticas no crescimento em diâmetro e altura

de quatro espécies florestais constatou que há diferença da influência dessa variável ao longo de diferentes épocas do ano, indicando que no verão o aumento da temperatura resultava em um aumento do crescimento diamétrico, já na época do outono, o aumento da temperatura refletia no decréscimo do incremento diâmetro das espécies estudadas.

4.2 Avaliação do crescimento inicial em altura de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em povoamentos jovens.

A altura total é uma variável dendrométrica bastante utilizada para avaliar o crescimento inicial de espécies florestais, uma vez que ela reflete a adaptação dessa espécie ao solo. Essa variável é utilizada ao longo de toda a vida da planta, podendo refletir nos indivíduos mais adaptados no plantio (índice de sítio) e podendo demonstrar o efeito da competição em indivíduos adultos. No Gráfico 5 é possível observar o aumento da altura total das árvores nas medições mensais sucessivas, verificando-se um crescimento com caráter linear, com pouca variação. Possivelmente este fato pode estar relacionado com a utilização da metodologia de medir apenas três árvores por linhas, medindo-se a primeira, a quinta e a décima árvore; e mensurando a altura média por linha.

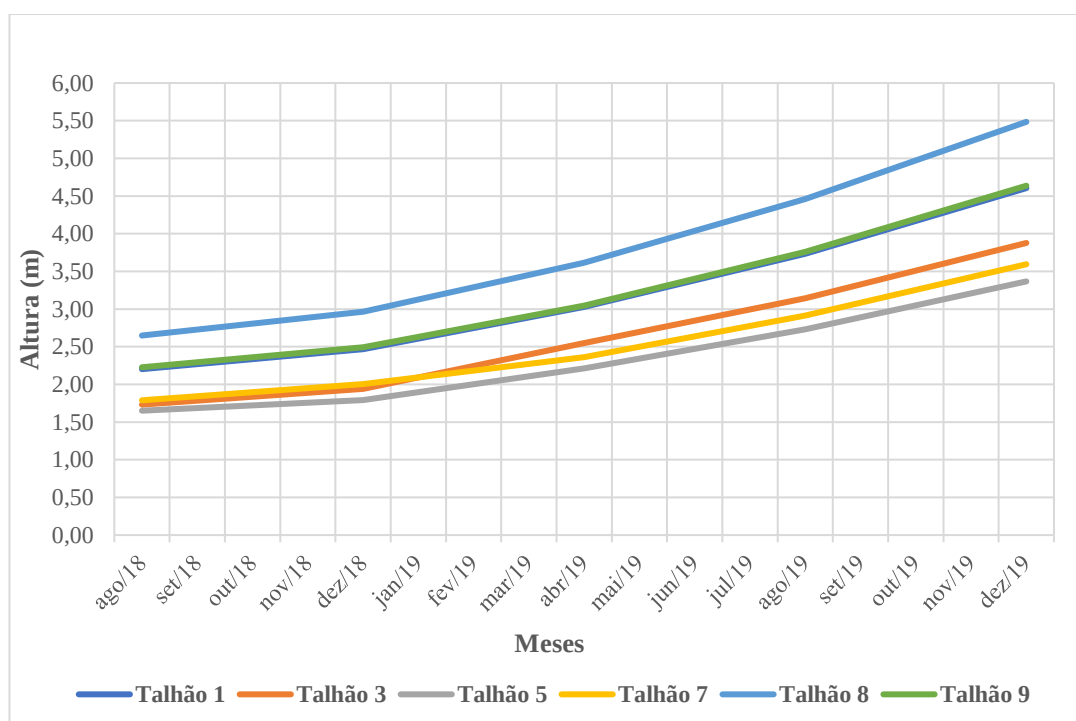


Gráfico 5. Curvas de produção mensal de altura para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, por talhão e para o plantio de 2016.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tal fato limitou a variação do crescimento em altura desse povoamento, o que pode ser claramente observado no Gráfico 6, onde todas as árvores foram mensuradas. Ao avaliar a variação no crescimento em altura desta espécie, pode-se observar que o crescimento inicial em altura não apresentou um comportamento totalmente linear, apresentando grande variação entre indivíduos da mesma espécie. Podendo haver algumas explicações para esse comportamento, sendo uma delas, a origem do material genético, que tem procedência de plantios seminais; outra explicação é a diferença nos meses em que as árvores foram plantadas. O preparo do solo antes do plantio também pode explicar este comportamento, por exemplo, o talhão com menor crescimento em altura total foi o talhão 27, no qual realizou-se uma aragem e uma subsolagem superficial, já nos demais talhões foi realizada uma subsolagem mais profunda (Informação pessoal).

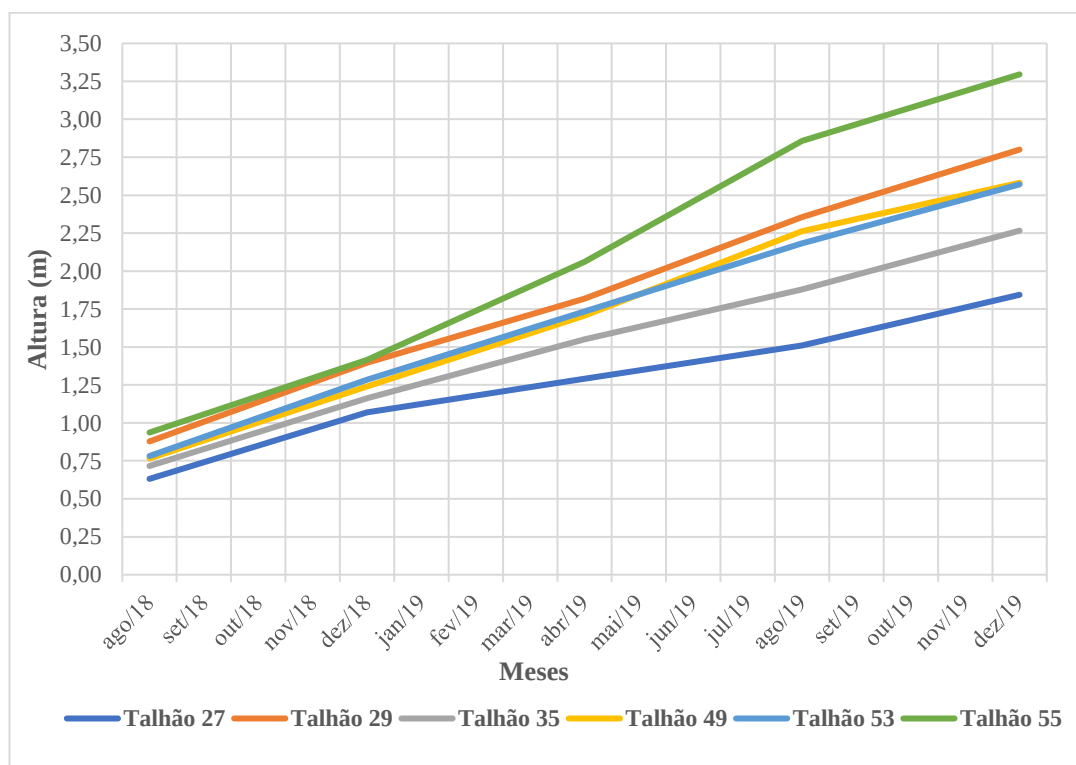


Gráfico 6. Curvas de produção mensal de altura para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, por talhão e para o plantio de 2017.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O incremento periódico em altura apresentou comportamentos diferentes para os povoamentos de 2016 e para os de 2017 (Gráfico 7). Nos povoamentos de 2016 foi possível observar um crescimento constante com um comportamento linear, um possível resultado da metodologia de medição em altura, citada anteriormente. Contudo esse comportamento também pode ser explicado pelo tamanho dos

indivíduos deste povoamento, visto que os indivíduos na primeira medição já apresentavam uma altura total média de 2,5 m para o povoamento e que continuou aumentando em cada medição, supõem-se que essas árvores com uma maior área foliar indicam uma estrutura radicular mais desenvolvida, logo apresentam uma maior capacidade fotossintética, resultando em um maior crescimento destas.

Já para os povoamentos de 2017, houve pouca variação no incremento periódico em altura, caracterizando essas árvores como imaturas e refletindo a baixa capacidade fotossintética destes indivíduos.

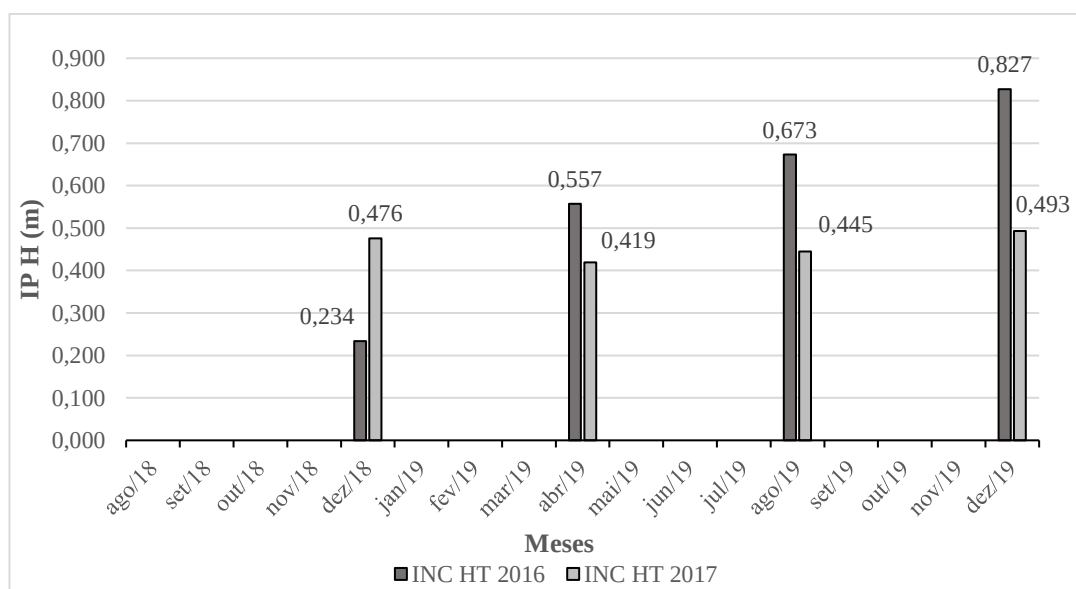


Gráfico 7. Incremento periódico em altura total para povoamentos de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, em Vilhena – RO.

Em que: INC HT 2016 – Incremento periódico da altura nos povoamentos de 2016; INC HT 2017 – Incremento periódico da altura nos povoamentos de 2017.

Fonte: Elaborado pelo autor.

No povoamento implantado em 2016, as correlações entre incrementos periódicos em altura total com as variáveis climáticas são, graficamente, ínfimas e com baixa relação (Gráfico 8). Isso pode ser facilmente observado na relação entre o incremento em altura em relação à precipitação, onde a redução da precipitação 3 (três) meses antes do terceiro incremento não resultou em uma redução drástica ou semelhante ao anterior, pelo contrário, houve um aumento positivo desses valores, sendo um indicativo de baixa correlação entre o incremento em altura e as variáveis climáticas utilizadas no estudo. Uma possível explicação para esse fato é a metodologia utilizada para avaliar essa variável, uma vez que ao utilizar valores médios em um plantio heterogêneo pode proporcionar uma superestimação dos valores proporcionando uma falsa sensação de crescimento constante e homogêneo.

Outra provável explicação para essa situação é a baixa competição entre as árvores, sendo que um dos principais fatores para o aumento dessa variável é a busca pela luz solar, para ultrapassar o dossel das demais árvores. E como são indivíduos ainda jovens, há muito espaço entre eles, e consequentemente uma quantidade satisfatória da energia solar consegue ultrapassar, atingindo todos os indivíduos. Acredita-se que com o passar dos anos e o adensamento do povoamento ocorra um aumento positivo na correlação entre radiação solar e o incremento periódico em altura total.

O povoamento implantado em 2017 apresentou um comportamento de crescimento diferente ao de 2016, onde houve um crescimento constante e semelhante nos 4 (quatro) incrementos observados (Gráfico 8). Uma possível explicação para esse crescimento constante e estável deve-se ao fato que são indivíduos muito imaturos, onde ainda estão se adaptando ao solo e clima da região.

Outra explicação relacionada a imaturidade destes indivíduos é o favorecimento ao crescimento radicular em relação ao crescimento em altura, o que explicaria o crescimento estável e constante mesmo com as variações climáticas apresentadas na região. Entretanto, Machado *et al.* (2014) ao estudarem o incremento corrente anual e mensal de povoamentos de *Pinus taeda* observaram grandes variações e picos de incremento logo no primeiro ano dessa espécie, não obstante é importante ressaltar que para o estudo destes autores o principal motivador dos picos de crescimento, em altura, foi as diferenças climáticas causadas pelas épocas mais frias, onde ocorreu situações climáticas extremas como por exemplo as geadas, algo que não ocorre com o clima na área do presente estudo.

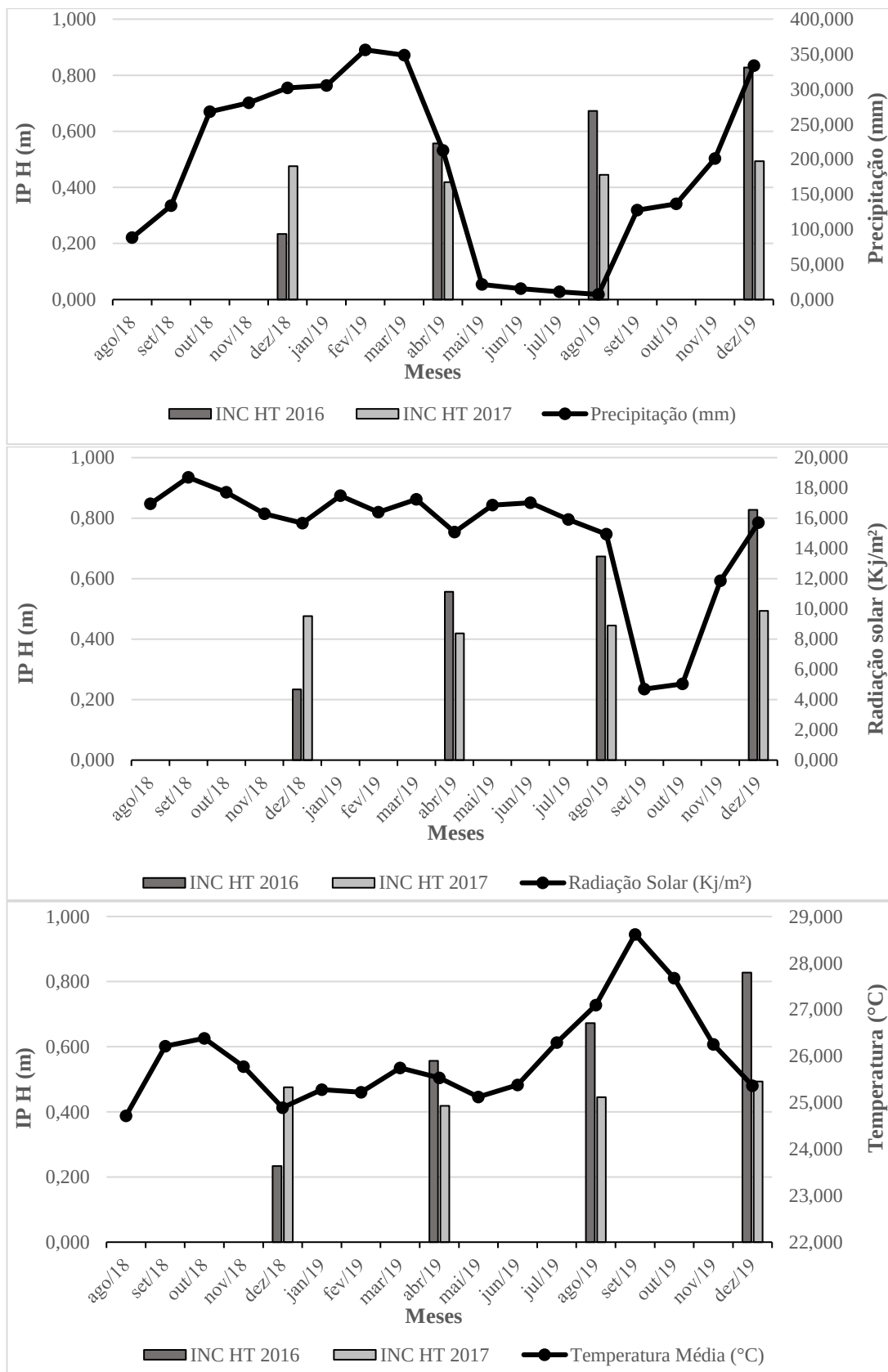
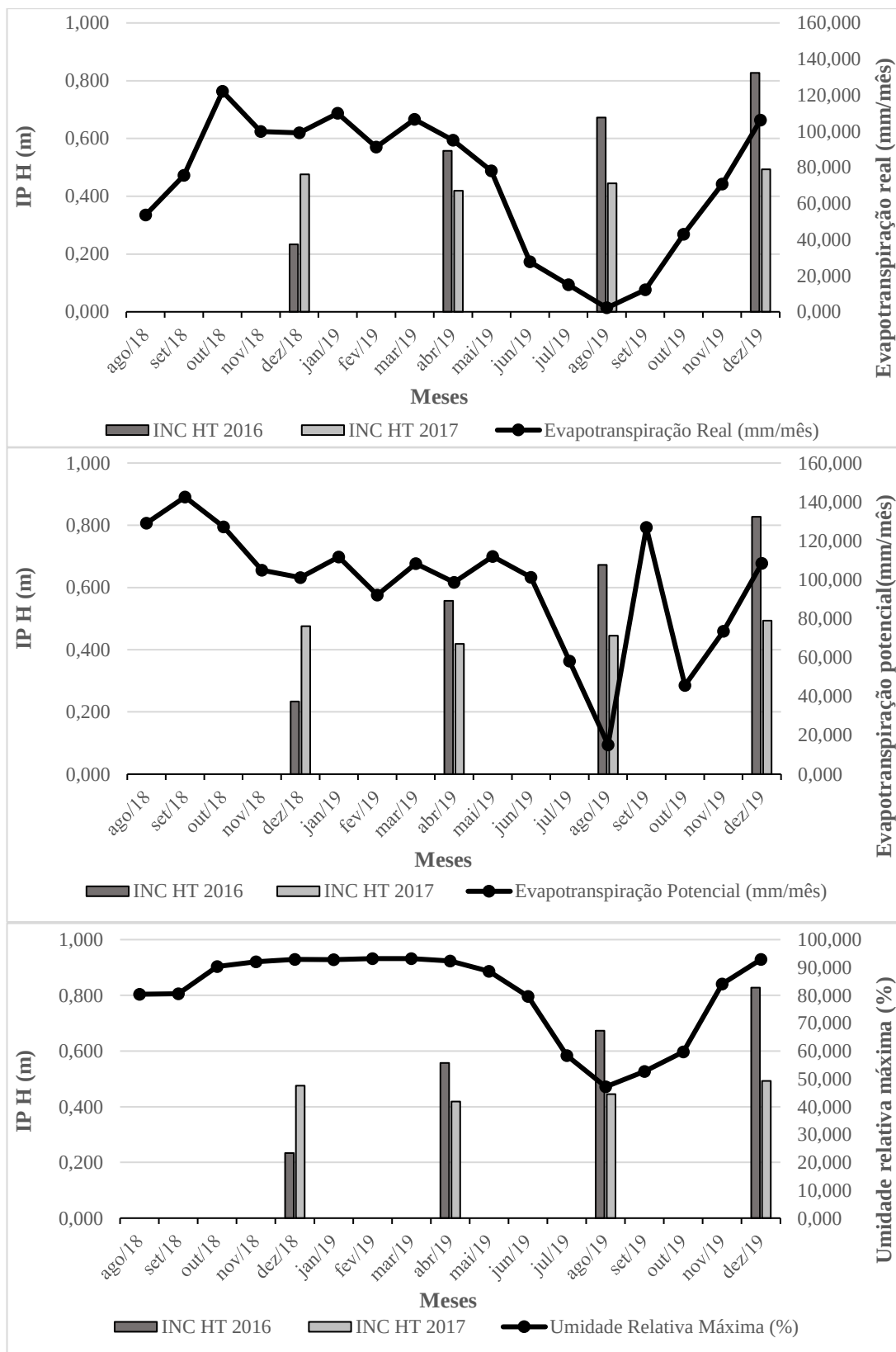


Gráfico 8. Relação entre incrementos periódicos em altura total com as variáveis climáticas mais correlacionadas com *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Em que: INC HT 2016 – Incremento periódico da altura nos povoamentos de 2016; INC HT 2017 – Incremento periódico da altura nos povoamentos de 2017.

Fonte: Elaborado pelo autor.



4.3 Variáveis climáticas

Os diâmetros acumulados ao nível do solo e seus respectivos incrementos periódicos, para ambos os povoamentos, apresentaram coeficientes de variação abaixo dos 35% (Tabela 1), tal circunstância indica uma variação controlada dos dados obtidos, garantindo uma maior eficácia na determinação de uma relação positiva ou negativa dessa variável em função das alterações climáticas da região do estudo. Entretanto, ao analisar na Tabela 1 os dados de incremento periódico do diâmetro ao nível do solo no povoamento de 2017, houve um coeficiente de variação superior ao estipulado pelo estudo (39,23%). Uma possível explicação para esta variação maior é a fase fisiológica em que essas plantas se encontravam, visto que estão saindo da fase de mudas para plantas adaptadas ao solo, e logo são mais susceptíveis às variações climáticas da região.

Tabela 1. Estatísticas para a curva de crescimento inicial em diâmetro em função de 6 (seis) variáveis climáticas para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, plantadas em 2016 e 2017, em Vilhena – RO.

Variáveis	Valor Máximo	Valor Mínimo	Variância	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (%)
DS 2016	10,8623	3,9128	7,1861	7,7627	2,6807	34,53
DS 2017	5,7368	2,1566	1,9529	4,0674	1,3975	34,36
IP DS 2016	2,509	0,810	0,0672	1,7375	0,2593	28,98
IP DS 2017	1,093	0,5370	0,2611	0,8950	0,5110	39,23
Temperatura Média	27,1	24,89	0,9196	25,72	0,9589	3,73
Precipitação	333,6	7,34	21574,4	213,835	146,8823	68,70
Radiação Solar	15,707	14,937	0,1559	15,34825	0,3949	2,57
Evapotranspiração Potencial	108,43	15,12	1934,71	80,8	43,98535	54,44
Evapotranspiração Real	106,2	2,19	2418,28	75,6275	49,17606	65,02
Umidade Relativa Máxima	92,9	47,15	519,2946	81,33	22,78804	28,02

Em que: DS – diâmetro ao nível do solo; IP DS – incremento periódico do diâmetro ao nível do solo; temperatura média (° C); Precipitação (mm); Evapotranspiração potencial e real (mm); radiação solar (Kj/m²); Umidade Relativa Máxima (%).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em relação às variáveis altura máxima e seus incrementos periódicos foi possível observar diferenças no coeficiente de variação entre os povoamentos de 2016 e 2017 (Tabela 2). Inicialmente, ao analisar a variável altura do povoamento de 2016 é possível observar que esses dados se encontram com um coeficiente de variação abaixo do estipulado pelo estudo, indicando uma variação controlada dos dados

obtidos, não obstante ao se observar os dados relacionados ao incremento da altura total desse povoamento pode-se perceber um coeficiente de variação superior ao estipulado no estudo, com 43,90%. Esse evento indica uma alta variação nos dados de incremento obtidos para esse povoamento, provavelmente essa variação foi motivada pela metodologia utilizada para avaliar a altura desses indivíduos, visto que se avaliou a primeira, a quinta e a décima árvore por linha e obteve-se o valor médio. Ao utilizar esses valores médios pode ter proporcionado um aumento da variação do incremento.

Tabela 2. Estatísticas para a curva de crescimento inicial em altura em função de 6 (seis) variáveis climáticas para a espécie *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, plantadas em 2016 e 2017, em Vilhena – RO.

Variáveis	Valor Máximo	Valor Mínimo	Variância	Média	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação (%)
H 2016	4,3817	2,0907	0,8756	3,0466	0,9357	30,71
H 2017	2,6179	0,7850	0,5132	1,6937	0,7164	42,30
IP H 2016	0,8270	0,2340	0,0632	0,5727	0,2514	43,90
IP H 2017	0,4930	0,4190	0,0010	0,4582	0,0328	7,17
Temperatura Média	27,1000	24,8900	0,9196	25,7200	0,9589	3,7285
Precipitação	333,6000	7,3400	21574,40	213,8350	146,8822	68,6895
Radiação Solar	15,7070	14,9370	0,1559	15,3482	0,3949	2,5733
Evapotranspiração Potencial	108,4300	15,1200	1934,71	80,8000	43,9853	54,4373
Evapotranspiração Real	106,2000	2,1900	2418,28	75,6275	49,1760	65,0240
Umidade Relativa Máxima	92,9000	47,1500	519,2946	81,3300	22,7880	28,0192

Em que: H – altura total; IP H – incremento periódico da altura; temperatura média (° C); Precipitação (mm); Evapotranspiração potencial e real (mm); radiação solar (Kj/m²); Umidade Relativa Máxima (%).
Fonte: Elaborado pelo autor.

Essa metodologia utilizada na medição de altura dos povoamentos de 2016, não foi utilizada nos povoamentos de 2017, o que explicaria um valor menor do coeficiente de variação do incremento periódico da altura total nesse povoamento (Tabela 2). Outra possível explicação é a juvenilidade das plantas do povoamento de 2017, nas quais estão em processo de fixação e adaptação ao solo, apresentando uma menor capacidade fotossintética, e consequentemente um crescimento inferior.

Por meio da análise da matriz de correlação de Pearson foi possível aferir baixas correlações do IP em altura total de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* com as variáveis climáticas (Tabela 3). Esse resultado mostra que o incremento em altura dessa espécie foi pouco sensível às variações climáticas, sendo assim mais influenciada por fatores internos da planta, como as reservas energéticas e atividade metabólicas, o que está relacionado diretamente a uma fase de adaptação dessa espécie

ao sítio onde foi plantada. Desta forma, segundo Luz (2011) e Oliveira (2007), nessa fase do desenvolvimento da planta, o crescimento está sendo regulado pelo ritmo endógeno de crescimento inerente a cada espécie, logo as variações climáticas não seriam condições exclusivas ou drásticas para promover ou induzir alterações na atividade cambial, ou seja, na formação de tecidos novos.

Tabela 3. Matriz de correlação de Pearson entre os IP e as variáveis climáticas para os povoamentos de 2016 e 2017 de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, em Vilhena – RO.

Variáveis climáticas	Povoamentos de 2016				Povoamentos de 2017			
	IP DS	r-DS	IP H	r-H	IP DS	r-DS	IP H	r-H
Temperatura Média	-0,9442	Muito forte	0,4583	Moderada	-0,9183	Muito forte	-0,4018	Moderada
Precipitação	0,7915	Forte	0,1807	Fraca	0,7727	Forte	0,5876	Moderada
Radiação Solar	0,6269	Forte	0,1784	Fraca	0,4976	Moderada	0,8710	Forte
Evapo. Potencial	0,8344	Forte	0,2018	Fraca	0,8810	Forte	0,3438	Moderada
Evapo. Real	0,8398	Forte	0,2116	Fraca	0,8830	Forte	0,3489	Moderada
Umidade Relativa Máxima	0,8686	Forte	0,2663	Fraca	0,9185	Muito Forte	0,2792	Fraca

Em que: IP DS – incremento periódico do diâmetro ao nível do solo; r – correlação de Pearson; IP H – incremento periódico da altura; Temperatura média (° C); Precipitação (mm); Evapo. Potencial – Evapotranspiração potencial e Evapo. Real – Evapotranspiração real (mm); radiação solar (Kj/m²); Umidade Relativa Máxima (%).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os diferentes padrões de crescimento das árvores estão relacionados com a sazonalidade das condições climáticas de uma área a que a planta está sujeita (ZIMMERMANN; BROWN, 1974). Logo que as plantas adaptam o seu ritmo de crescimento em função dessas variações climáticas, através de mecanismos como o fechamento de estômatos, a queda controlada das folhas, redução na taxa de transpiração, entre outros que ajudam a manter esses indivíduos em determinado ambiente. Entretanto, o ritmo de crescimento das plantas não é uma condição ligada exclusivamente as alterações climáticas do ano, segundo Assmann (1970) as condições ocorrentes em anos anteriores influenciam o ritmo de crescimento das plantas, principalmente em meses em que os brotos apicais são formados.

Observando, na Tabela 3, pode-se identificar alta correlação entre o incremento periódico (IP) do diâmetro ao nível do solo com as variáveis climáticas. Assim, verifica-se que as variáveis climáticas que apresentaram valores de correlação positivos e significativos com o diâmetro foram a umidade relativa máxima, evapotranspiração potencial e real, radiação solar e precipitação.

A variável climática que apresentou maior correlação positiva com o incremento de todas as variáveis de crescimento estudadas foi a umidade relativa máxima com valores de 0,87 e 0,92, respectivamente, para os povoamentos de 2016 e 2017, indicando que esta variável pode ser considerada um limitador de crescimento inicial para a espécie *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Tal fato é justificável uma vez que a umidade relativa do ar influencia diretamente no processo de fotossíntese, uma alta quantidade de umidade ou vapor de água no ar possibilita uma menor perda da água interna da planta, ao diminuir o processo de transpiração aumenta-se a taxa fotossintética da planta, e consequentemente a produção de novos tecidos (LANDSBERG; SANDS, 2011; KITAO; KOIKE *et al.*, 2000).

Na Tabela 3, observa-se que a temperatura média apresentou uma alta correlação negativa com o ICP do diâmetro ao nível do solo, com valores de -0,94 e -0,92, respectivamente para 2016 e 2017. De acordo com Machado *et al.* (2014), as variáveis climáticas temperatura máxima, média e mínima apresentaram maior correlação com as taxas de crescimento da espécie *Pinus taeda*. Já para os autores Kanieski *et al.* (2012) ao estudarem a influência da precipitação e da temperatura no incremento diamétrico de espécies florestais no Paraná, constataram que apenas algumas espécies apresentaram correlação significativa com a temperatura média, demonstrando que essas espécies são mais sensíveis a essas mudanças em relação ao seu crescimento. A correlação encontrada neste estudo para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* pode ser explicada pela faixa ideal de desenvolvimento desta espécie, que varia entre 20 a 27°C, ao ultrapassar essa faixa ideal a planta entra em um estado de estresse, reduzindo a sua capacidade de absorver a luz solar e sua capacidade fotossintética, o que explicaria a redução no crescimento nos períodos de maior temperatura média.

A correlação com a precipitação foi inferior as variáveis climáticas evapotranspiração e umidade relativa máxima, mesmo apresentando uma distribuição pluviométrica desproporcional, o que contraria o estudo de Bamberg (2019), onde ao avaliar o crescimento inicial de *Eucalyptus grandis* relacionou a baixa correlação da precipitação, em relação a outras variáveis climáticas, com a boa distribuição das chuvas ao longo do ano. Segundo Zamin (2013), ao estudar o incremento em altura e diâmetro do peito ao longo de seis anos para as espécies *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* encontrou correlação fraca com a precipitação e forte com as variáveis da temperatura. Não obstante, é necessário observar que nos estudos citados, os autores

Bamberg (2019) e Zamin (2013) não levaram em consideração o efeito da tipologia do solo sobre a variável precipitação, uma vez que a morfologia do solo influencia diretamente na quantidade de água que pode ser armazenada durante as chuvas. Tal fato pode ser corroborado pelo estudo dos autores Sette Jr. *et al* (2010), que ao avaliarem o crescimento diamétrico do tronco das árvores de *Eucalyptus grandis* observaram um reduzido crescimento dessa variável, mesmo com uma precipitação alta, motivado pela baixa fixação de umidade no solo, uma vez que o solo é do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico composto por arenito, tendo uma baixa capacidade de retenção de água. A tipologia do solo apresentado no estudo desses últimos autores é a mesma tipologia encontrada no solo da área de estudo em Vilhena, Rondônia.

A radiação solar apresentou a correlação positiva mais baixa com o incremento em diâmetro entre todas as variáveis climáticas, sendo 0,63 e 0,50 para 2016 e 2017, respectivamente. Uma provável explicação está relacionada com a capacidade fotossintética dessas plantas, visto que por serem indivíduos jovens, apresentam uma capacidade limitada em absorver a radiação solar, logo o aumento dessa variável climática não é acompanhado na mesma velocidade do crescimento diamétrico desses indivíduos, corroborando com o estudo dos autores Kitao *et al.* (2000), no qual afirmaram que a exposição prolongada a altas irradiâncias pode ser prejudicial às plântulas, por absorverem mais fótons de luz do que podem utilizar, podendo ter como consequência a fotoinibição ou, mesmo, a morte da planta. Para os autores Almeida *et al.* (2004), ao avaliarem o crescimento inicial de *Cryptocaria aschersoniana* submetidas a diferentes níveis de radiação solar constataram que não houve qualquer efeito, estatisticamente significativo, dos diferentes níveis de radiação solar no aumento do diâmetro do coleto.

A evapotranspiração neste estudo apresentou uma alta correlação positiva com o IP em diâmetro do solo para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. A evapotranspiração é um mecanismo natural que permite a passagem do vapor de água do solo em conjunto com as plantas para a atmosfera. Esse processo natural é essencial para vários mecanismos e processos metabólicos das plantas, destacando-se o processo de fotossíntese, visto que se a quantidade de vapor de água na atmosfera for maior há uma menor perda de água da planta pela transpiração e conseqüentemente há um aumento da produção de fotoassimilados. Outra possível explicação para essa alta correlação é a influência dessa variável climática sobre as demais, logo que a alta concentração de

emissão de vapor de água para a atmosfera (evapotranspiração) resulta na redução da temperatura, aumento da umidade relativa e proporciona uma maior absorção de oxigênio pelas plantas (ESTEBAN, 2019; LEMOS FILHO *et al.*, 2010; VOIGTLAENDER, 2007; TROVATI *et al.*, 1984).

4.4 Avaliação do crescimento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em povoamentos adultos através dos rolos de incremento.

O crescimento de todo ser vivo pode ser definido como o alongamento celular do seu corpo, no caso das plantas vasculares esse crescimento pode ser tipificado como crescimento primário, baseado no meristema apical, no qual promove o crescimento linear da raiz e do caule da planta, e o crescimento secundário, promovido pelo câmbio vascular, que dá origem ao lenho, ou seja, a “madeira” propriamente dita (MARENCO; LOPES, 2019). Diversos autores classificam o crescimento inicial de todo ser vegetal como o crescimento acumulado nos primeiros anos de vida, pelo qual pode refletir a habilidade de adaptação das espécies às condições climáticas do ambiente e do solo a qual se encontram (ALMEIDA *et al.*, 2004; NAVES *et al.*, 1994). Essas condições climáticas apresentam grande impacto nas fases iniciais do desenvolvimento de toda espécie florestal, entretanto, com o passar dos anos e um desenvolvimento mais completo das suas estruturas vegetais, essas árvores tendem a serem mais resistentes e tolerantes as mudanças climáticas.

Um dos métodos mais indicados para a avaliação do crescimento de uma árvore é a análise dendrocronológica dos anéis de crescimento (LOIOLA *et al.*, 2019; HESS *et al.*, 2018). As árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* amostradas para aplicação da técnica de análise de tronco parcial, por meio da retirada de “rolos de incremento” exibem anéis de crescimento visivelmente distintos, visto que são compatíveis os números de anéis com a idade de plantio das árvores, indicando a formação de anéis anuais de crescimento. Há a presença de falsos anéis, extremamente finos, com coloração mais branda, entretanto, não possuíam seu anel completamente formado e localizavam-se em posições totalmente diferente dos demais anéis. Frequentemente as coníferas jovens crescendo em solos arenosos e profundos podem apresentar falsos anéis na madeira juvenil, sendo um indicativo dos períodos intermitentes entre secas e chuvas durante uma única estação de crescimento (MIRANDA, 2019; ALMEIDA, 2019; FERREIRA, 2009; TROVATI; FERRAZ, 1984; ZIMMERMANN; BROWN, 1974).

O gráfico 9 expressa o crescimento médio dos rolos de incremento, sendo possível observar um comportamento diferente, como esperado, entre as classes diamétricas desse povoamento, visto que houve um crescimento maior das classes IV e V em relação às classes I, II e III, ressaltando-se que todos os indivíduos foram plantados na mesma época. Essa situação pode ser explicada pela alta competição entre as árvores deste plantio, uma vez que o primeiro desbaste realizado na área de estudo ocorreu no final de 2011. As árvores pertencentes a classe I e II com diâmetro altura do peito (DAP) menor que 10 cm e de 10 a 15 cm, respectivamente, são provavelmente árvores dominadas e/ou oriundas de replantios.

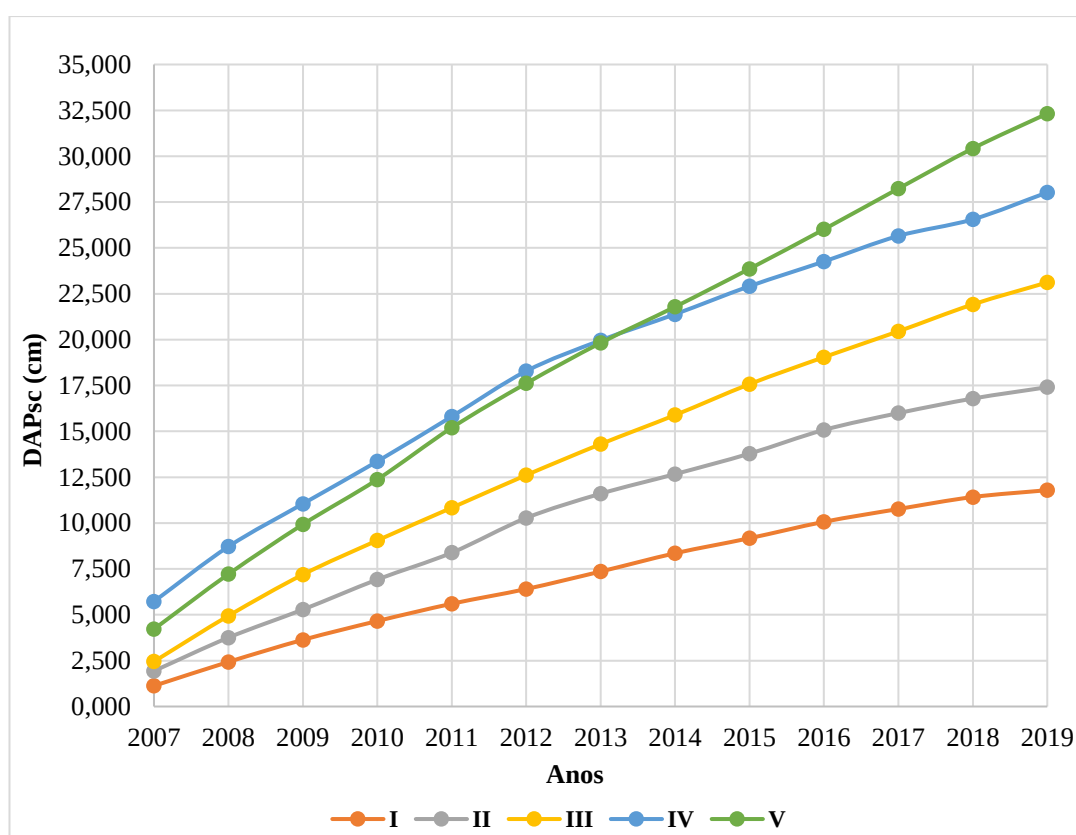


Gráfico 9. Curva de crescimento acumulado para árvores adultas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em Vilhena, RO.

Em que: DAPsc – diâmetro a altura peito, sem casca; anos – idade do plantio, em relação aos anéis de crescimento.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A alta competição nos povoamentos adultos pode ser observada no gráfico 10 pela relação entre o Incremento Corrente Anual (ICA) e Incremento Médio Anual (IMA), onde há uma estagnação do incremento diamétrico a partir do 10º ano do povoamento, no ano de 2015. Segundo Bertoloti e Simões (1983) a espécie *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, submetida a um espaçamento de 2 m x 2 m, apresentou

estagnação no crescimento diamétrico a partir do 12º ano, sendo necessário a realização de um desbaste no povoamento para a retomada do crescimento.

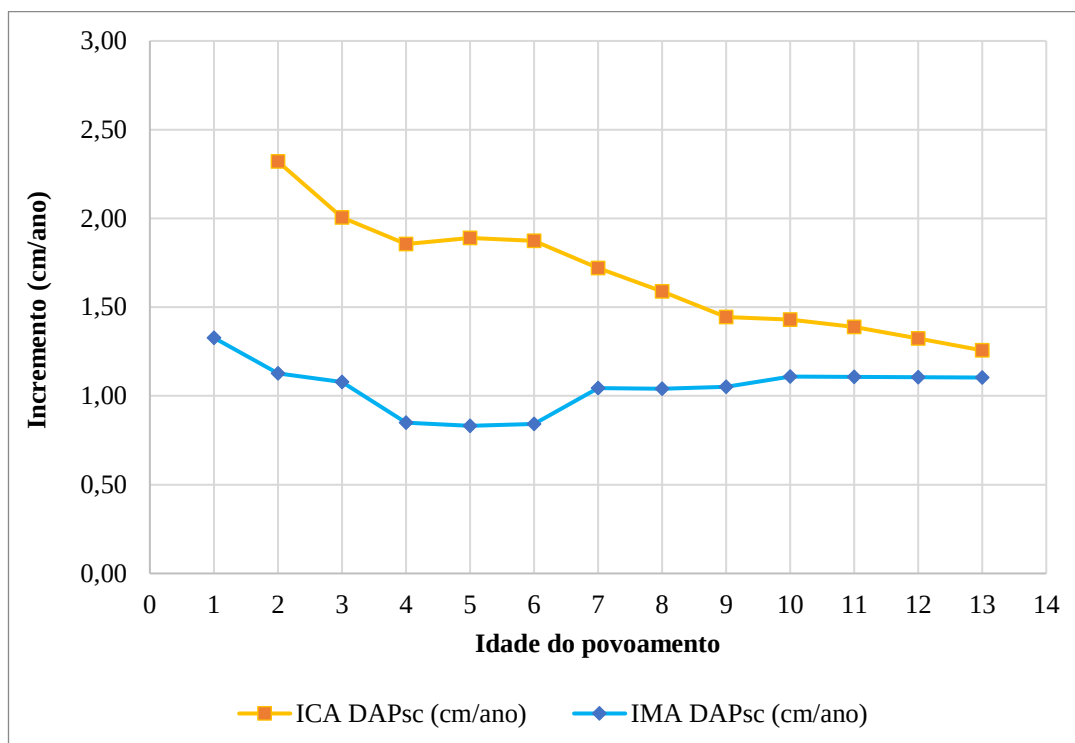


Gráfico 10. Curvas de incremento corrente anual (ICA) e incremento médio anual (IMA) do diâmetro a altura do peito sem casca (DAPsc) dos povoamentos adultos de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Em que: ICA – Incremento Corrente Anual (cm/ano); IMA – Incremento Médio Anual (cm/ano); idade do povoamento (anos); DAPsc – Diâmetro a altura do peito sem casca.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A alta competição como citado anteriormente possibilita a formação de árvores dominantes e dominadas, essa relação afeta diretamente a capacidade da árvore em absorver nutrientes e resistir as alterações drásticas no clima da sua área de plantio. A utilização das árvores dominantes possibilita relacionar o crescimento da espécie estudada com as variações climáticas ou nutricionais (ĆIRKOVIĆ-MITROVIĆ *et al.*, 2013; BILA; SANQUETTA; MACHADO, 2012; DEDECEK; MENEGOL, BELLOTE, 2000). As classes IV e V por apresentarem um crescimento superior as demais foram classificadas como árvores dominantes, entretanto essas classes apresentaram um crescimento diferente entre elas.

No gráfico 11 é possível observar uma alternância no ritmo de crescimento entre as classes IV e V. No ano de 2007 até 2013 a classe com maior crescimento era a classe IV, seguida da classe V. Após 2013, a classe V passou a possuir o maior crescimento deste povoamento, esse comportamento pode ser explicado pelo efeito da extração da resina no crescimento da planta. Visto que, por ser uma atividade que causa

danos ao lenho acaba limitando o transporte de água e fotoassimilados para as partes superiores e inferiores da planta. As árvores destinadas para a exploração da resina nessa fazenda têm como requisito mínimo um DAP superior a 18 cm, característica essa que foi obtida, na sua maioria, pelas árvores da classe IV em 2013 (gráfico 12).

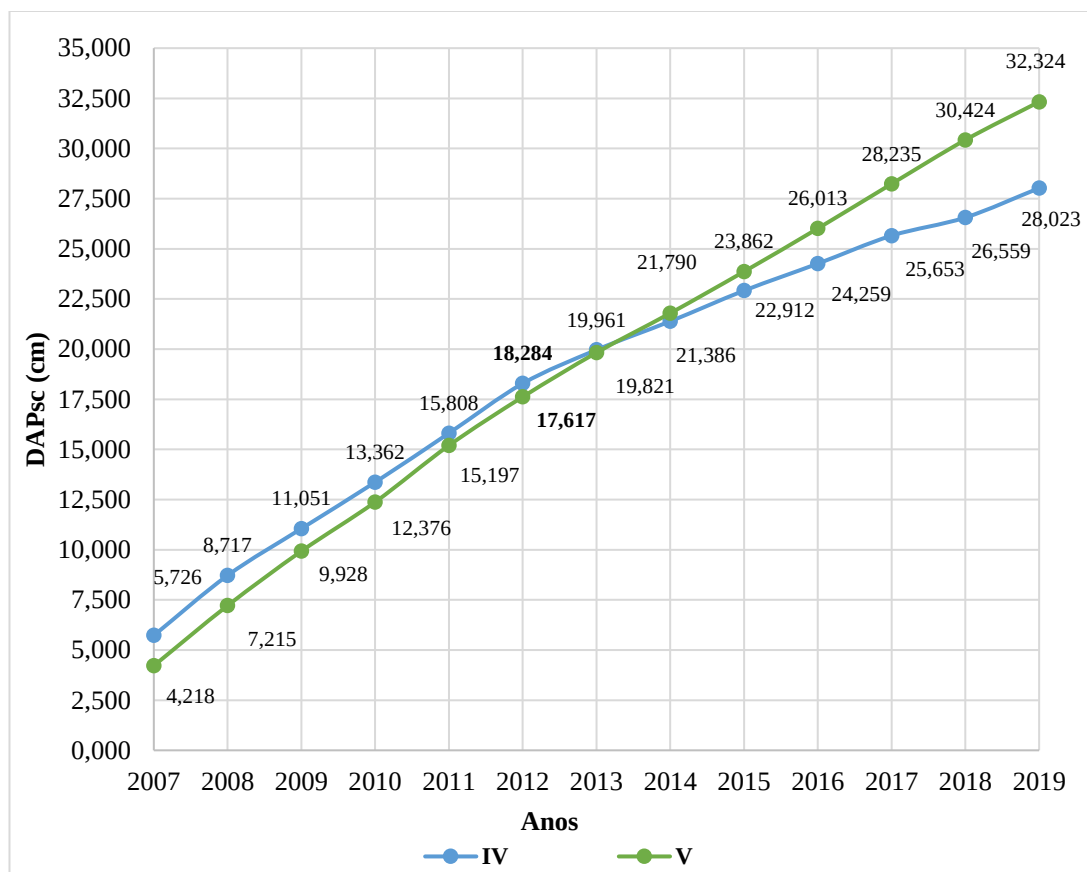


Gráfico 11. Curva de crescimento das classes IV e V de árvores com 12 anos, em Vilhena, RO.

Em que: DAPsc – diâmetro a altura peito, sem casca; anos – idade do plantio, em relação aos anéis de crescimento.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dados das variáveis climáticas obtidas por meio de estações meteorológicas possibilitam observar a variação e uma possível tendência dessas variáveis (gráfico 12). Os anos de 2017 a 2018 apresentaram os menores índices pluviométricos indicando uma possível situação de estresse hídrico para as árvores nessa região. A temperatura média anual apresentou um valor mínimo de 19 °C e um valor máximo de 27 °C, em 2017 e 2012, respectivamente. Destaca-se ao observar o gráfico 12, que no período deste estudo de 2018 a 2019 ocorreu uma súbita elevação dos valores de todas as variáveis climáticas, podendo indicar um maior efeito dessas variáveis no incremento corrente anual (ICA) do diâmetro sem casca.

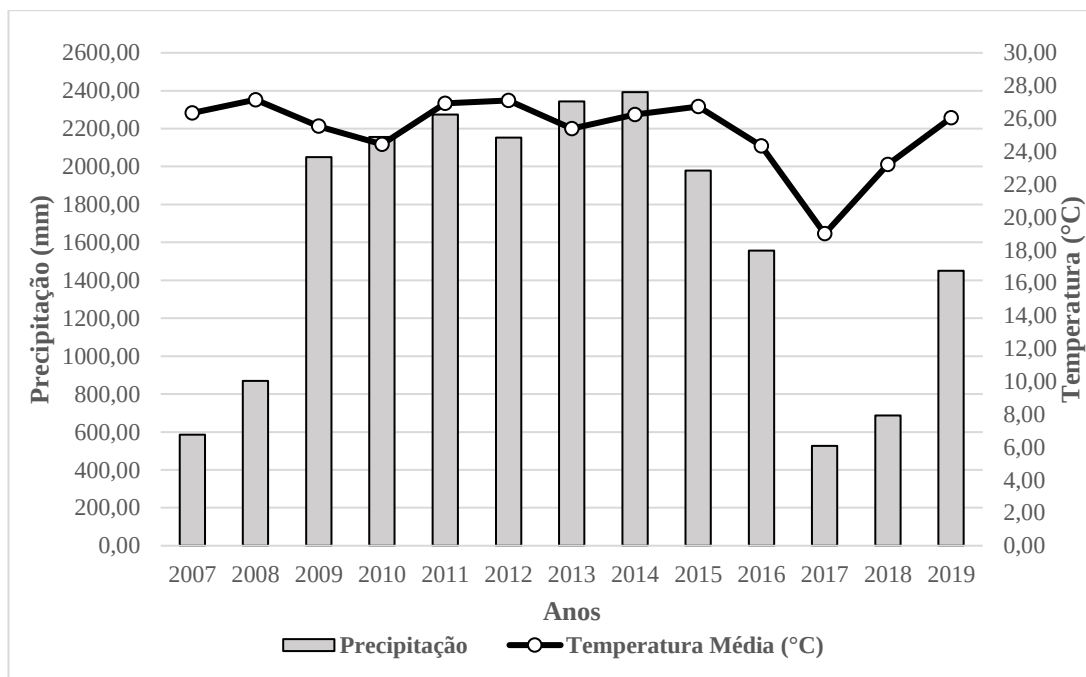


Gráfico 12. Série histórica (2007-2019) da distribuição de 4 (quatro) variáveis climáticas no município de Vilhena, RO.

Fonte: Elaborado pelo autor, baseado em dados meteorológicos da Agência Nacional de Águas (ANA).

As variáveis climáticas possuem grande impacto no crescimento inicial de qualquer árvore, representando a capacidade da mesma em se adaptar às condições climáticas do local de plantio. Entretanto, com o passar dos anos as árvores apresentam estruturas mais desenvolvidas, como por exemplo, um sistema radicular mais complexo, que permite uma maior absorção de água subterrânea, evitando a dependência exclusiva das taxas pluviométricas do local. Segundo Taiz e Zeiger (2013), após os primeiros anos do plantio, por meio de estratégias fisiológicas, as plantas investem energia para incrementar a produção de estruturas radiculares, consequentemente, ocorre o aumento na densidade e área específica radicular, resultando em uma maior absorção de água e nutrientes.

Observando o Gráfico 13 é possível perceber que a quantidade de precipitação anual não demonstra uma relação contínua no aumento ou decréscimo no ICA do diâmetro a altura do peito sem casca (DAPsc) para a espécie *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Nos anos de 2008 até 2010 pode-se observar, graficamente, uma relação inversamente proporcional entre a quantidade de precipitação anual e o ICA do DAPsc, tal relação pode ser explicada pela falta de um preparo no solo adequado, uma vez que em alguns talhões deste plantio não foi realizado uma subsolagem, além da falta de uma adubação de cobertura. A falta deste preparo no solo foi um fator limitante para o desenvolvimento radicular destas plantas, o que resultou em um sistema

radicular imaturo, com baixa capacidade em absorver água e nutrientes. Logo o aumento da quantidade de chuvas na região resultava no aumento da lixiviação dos nutrientes presentes no solo, diminuindo a produtividade de tecidos vegetais pela planta. Para Viera e Schumacher (2010), a disponibilidade de micronutrientes, principalmente o potássio (K) e o magnésio (Mg), está relacionada com a ação da lixiviação causada pelo excesso de chuva.

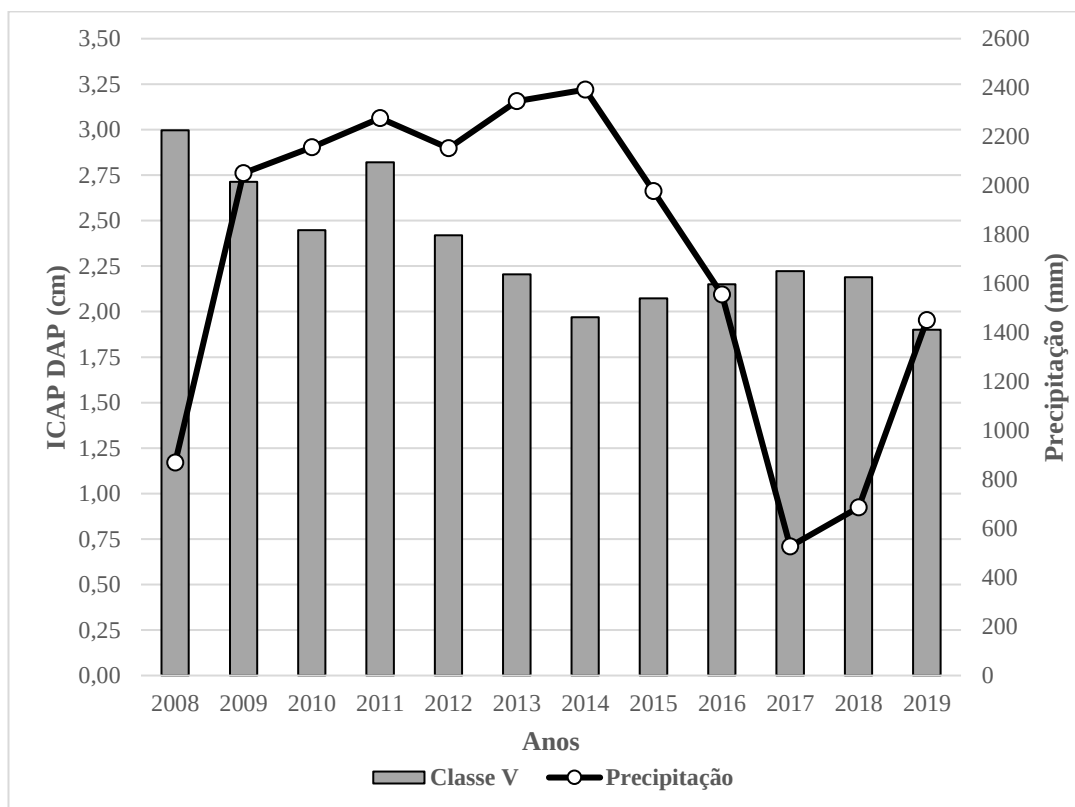


Gráfico 13. Relação entre incrementos correntes anuais em diâmetro altura do peito sem casca (DAPsc) com as variáveis climáticas mais correlacionadas com *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Em que: ICA DAPsc – Incremento do diâmetro a altura peito, sem casca; anos – idade do plantio, em relação aos anéis de crescimento.

Fonte: Elaborado pelo autor.

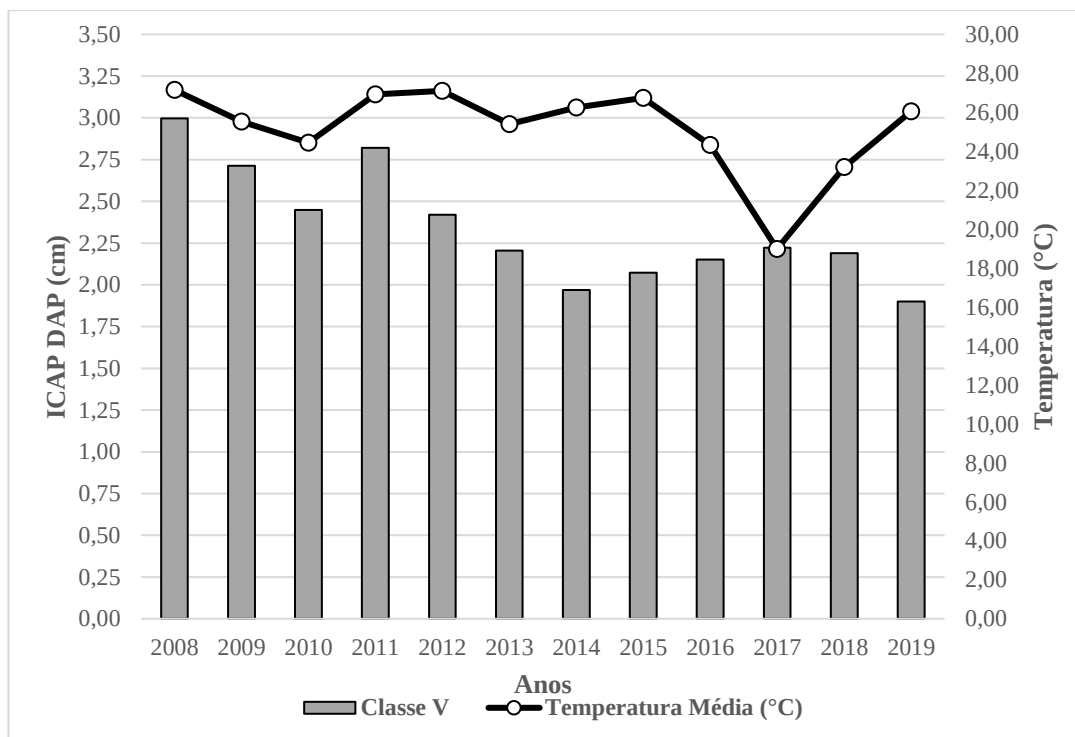


Gráfico 13. Relação entre incrementos correntes anuais em diâmetro altura do peito sem casca (DAPsc) com as variáveis climáticas mais correlacionadas com *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Em que: ICA DAPsc – Incremento do diâmetro a altura peito, sem casca; anos – idade do plantio, em relação aos anéis de crescimento.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Essa correlação negativa pode ser claramente exemplificada pelo período compreendido entre 2016 a 2019, no qual ocorreu uma redução drástica na quantidade de precipitação anual, o que não se refletiu, graficamente, na redução do ICA do DAPsc. Nesse período as plantas já possuem um sistema radicular mais complexo, resultando em uma maior capacidade dessas árvores em absorver a água disponível em regiões mais profundas do solo. Corroborando com essa afirmação, Dick e Schumacher (2018), ao estudarem o efeito da fertilização mineral no estoque de nutrientes em *Eucalyptus dunnii* constataram que o maior volume explorado pelo sistema radicular desta espécie possibilitou um alto desenvolvimento e crescimento em diâmetro altura do peito (DAP) e altura total, mesmo em solos distróficos. Para Dedecek *et al.* (2000), ao avaliarem o efeito de diferentes preparos do solo no crescimento de plantios jovens de *Pinus taeda* observaram que o efeito do preparo do solo no desenvolvimento das plantas foi diretamente proporcional à profundidade atingida, resultando em um maior crescimento em diâmetro e altura dessa espécie, favorecendo sua absorção por nutrientes e água.

Outra provável explicação para a correlação negativa entre precipitação e ICA do DAPsc está relacionada com o espaçamento entre as plantas, visto que no povoamento da fazenda Nova Londrina apresenta um espaçamento adensado de 2,5 m x 2,5 m, onde seu primeiro desbaste ocorreu no ano de 2014. O espaçamento do plantio florestal é vital para a saúde de qualquer árvore, uma vez que ele determina a disponibilidade dos recursos (água e nutrientes) para elas, logo espaçamentos mais adensados e sem a realização de práticas silviculturais na idade correta resultam em uma maior competição entre as plantas, favorecendo a formação de árvores dominantes e suprimidas. Corroborando com esta afirmação, Lima *et al.* (2013) constaram que com altas densidades de árvores de *Pinus taeda* há a produção de fustes mais tortuosos e pequenos, com diâmetros menores, resultado do aumento da competição no talhão.

Ao contrário da precipitação, a temperatura média dessa série histórica analisada apresentou uma baixa variação (Tabela 4), apresentando uma relação positiva com o aumento do ICA, principalmente nos anos iniciais desse povoamento compreendido entre 2008 a 2010. A temperatura está relacionada diretamente com a quantidade de radiação solar emitida no solo, ou seja, uma maior temperatura indica diretamente que há uma maior incidência de radiação solar (GÓMEZ *et al.*, 2018). Assim, como o aumento da temperatura está relacionado com a quantidade de radiação solar, pode-se afirmar que com uma maior temperatura há uma maior taxa de fotossíntese pelas plantas, o que indicaria uma maior produção de fotoassimilados e tecidos vivos. Outra provável explicação é a disponibilidade de macronutrientes para as plantas, onde Viera e Schumacher (2010) ao estudarem a relação dos nutrientes e seu aporte da serapilheira de *Pinus taeda* e sua relação com a temperatura do ar e pluviosidade, constataram que a elevação da temperatura do ar afetou os macronutrientes disponíveis no solo, aumentando os seus teores, com exceção do fósforo (P) e do cálcio (Ca).

Entretanto, a variável temperatura apresenta diferentes impactos no crescimento ao longo dos anos. De acordo com Bamberg (2019), ao avaliar a influência das variáveis climáticas no crescimento em diâmetro e altura para quatro espécies florestais, constatou que essa variável apresenta correlações positivas e negativas em diferentes estações do ano, indicando que essa variável tem problemas em refletir sua influência no crescimento em séries históricas.

Tabela 4. Parâmetros estatísticos para a curva de crescimento do diâmetro sem casca em função da precipitação e temperatura média para a espécie *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, em Vilhena – RO.

Variáveis	Valor Máximo (cm)	Valor Mínimo (cm)	Variância (cm)	Média (cm)	Desvio Padrão (cm)	Coefficiente de Variação (%)
Classe I	11,7935	1,1268	12,2547	7,1377	3,5006	49,0445
Classe II	17,4072	1,9366	26,4626	10,7602	5,1441	47,8071
Classe III	23,1185	2,4516	43,9174	13,7993	6,627	48,0241
Classe IV	28,0233	5,7258	51,4879	18,5925	7,1755	38,5935
Classe V	32,3242	4,2118	81,1871	19,1554	9,0103	47,0384
Precipitação	2392,1	526,98	513849,32	1617,31	716,8328	44,3225
Temperatura Média	27,1485	18,9858	4,9915	25,2597	2,2341	8,8448

Em que: Classe I, II, III, IV, V = Intervalos das classes diamétricas das árvores observadas; Precipitação = milímetros; Temperatura Média = graus celsius (°C).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Corroborando com o estudo de Bamberg (2019) foi possível constatar que ao longo da vida de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* a influência das variáveis climáticas temperatura média e precipitação são diferentes (Tabela 5).

Tabela 5. Coeficientes de correlação do incremento do diâmetro sem casca da classe V em relação a precipitação e temperatura média para a espécie *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, em Vilhena – RO.

Anos	Precipitação	r-Precipitação	Temperatura Média	r-Temperatura
3	-0,9094	Forte	0,9958	Forte
6	-0,7044	Forte	0,5347	Forte
9	-0,4676	Moderada	0,3365	Moderada
12	-0,3870	Moderada	0,2624	Fraca

Em que: r = correlação de Pearson.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao observar a tabela acima é possível constatar que nos primeiros anos de vida da planta, denominado crescimento inicial, as variáveis climáticas precipitação e temperatura média apresentam alta correlação com o incremento corrente anual em diâmetro altura do peito (sem casca), refletindo a fase de adaptação da árvore às condições edafoclimáticas da área de plantio (FONSECA, 2019; LUZ, 2011). A partir do momento em que essas árvores atingem sua maturidade fisiológica ocorre a baixa dependência do seu crescimento em função das variáveis climáticas, isto pode ser explicado pelo desenvolvimento do sistema radicular, possibilitando a buscar por mais nutrientes (DICK; SCHUMACHER, 2019). Ou pelo surgimento de novos mecanismos de sobrevivência, como a associação do sistema radicular com fungos (micorrizas) permitindo a fixação de nitrogênio e a criação de uma expansão das raízes, melhorando a absorção de água pela planta (EVANGELISTA SILVA *et al.*, 2019; SILVA *et al.*, 2008; GONZÁLEZ-OCHOA *et al.*, 2003).

5 CONCLUSÃO

O crescimento inicial de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* é influenciado pelas alterações nas variáveis climáticas da área de plantio, nas quais as variáveis precipitação, radiação solar, evapotranspiração (potencial e real) e umidade relativa máxima apresentaram correlação positiva, indicando que o seu aumento proporciona o aumento no crescimento inicial desta espécie. A umidade relativa máxima e a evapotranspiração (potencial e real) indicaram as maiores correlações positivas demonstrando a alta dependência, nas fases iniciais, da água para o desenvolvimento desta espécie.

A precipitação apresentou o terceiro valor mais alto de correlação positiva tendo como motivador deste fato o tipo de solo, visto que por ser um solo arenoso apresenta uma baixa capacidade de retenção de água, e conseqüentemente uma menor disponibilidade desse recurso para a planta.

A variável temperatura média apresentou uma alta correlação negativa, demonstrando ser um fator limitante ao desenvolvimento da espécie na região. Embora a temperatura seja importante nos processos metabólicos da planta, o seu aumento além da faixa ideal para a planta proporciona a redução da fotossíntese e a transpiração excessiva, ocasionando a redução no crescimento da espécie.

As variáveis climáticas não apresentam uma correlação contínua ao longo de toda a vida da planta, onde quanto mais adaptada ao solo e com uma maior idade fisiológica menor será a influência do clima no crescimento das árvores dessa espécie. Outras características também são fundamentais para uma maior ou menor influência das variáveis climáticas no crescimento da espécie, como o tipo de preparo do solo e o espaçamento entre árvores.

A umidade relativa máxima por ser um fator de grande influência para a espécie e apresentar uma baixa capacidade de controle em campo, portanto recomenda-se a

utilização de mudas mais rústicas com um controle maior desta característica, garantindo com essa prática um aumento da sobrevivência desta espécie na região e uma maior capacidade de suportar as variações climáticas.

Por fim, faz-se necessário a realização de novos estudos para avaliar a influência do processo de resinagem sobre o crescimento desta espécie, além de relacionar o efeito da competição sobre as alterações climáticas que ocorrem na região.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, Damian J.; ORT, Donald R. Impacts of chilling temperatures on photosynthesis in warm climate plants. **Trends in Plant Science**, Cambridge, v. 6, n. 1, p. 36-42, jan./2001.
- ASSMANN, Ernst. **The principles of forest yield study – Studies in the organic production, structure, increment and yield of forest stands**. Pergamon Press, Oxford, n. 1, 1970.
- ALMEIDA, L. P. D., ALVARENGA, A. A. D., CASTRO, E. M. D., ZANELA, S. M., & VIEIRA, C. V. *et al.* Crescimento inicial de plantas de *Cryptocaria aschersoniana* Mez. submetidas a níveis de radiação solar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 83-88, 2004.
- ARAUJO, Henrique José Borges de. Crescimento de árvores em uma floresta sob sistema de produção sustentável no Acre. In: Embrapa Acre-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: SIMPÓSIO SOBRE SISTEMAS SUSTENTÁVEIS, 5., 2019, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Editora GFM, 2019.
- ARONI, Antônio Sérgio. **Avaliação da biomassa e qualidade da madeira do híbrido *Pinus tecunumanni* x *Pinus caribaea* var. *hondurensis* pela técnica de atenuação da radiação gama do 241 Am**. 2005. 155 f. Tese de Doutorado – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2005.
- ASSOCIAÇÃO DOS RESINADORES DO BRASIL-ARESB. **Produção nacional de goma resina de pinus 2017/2018**. São Paulo, 2018. Disponível em: <http://www.aresb.com.br/portal/estatisticas/#>. Acesso em: 20. set. 2018.
- AUGUSTO FILHO, José. Resinas, em busca de alternativas. **Revista SBS**, São Paulo, v. 15, n. 53, p. 16-18, jan-fev. 1994.
- ADAMY, Amílcar (Ed.). **Geodiversidade do estado de Rondônia**. Serviço Geológico do Brasil-CPRM, Porto Velho, p. 55-77, 2010.
- BACHA, Carlos José Caetano. Análise da evolução do reflorestamento no Brasil. **Revista de Economia Agrícola**, São Paulo, v. 55, n. 2, p. 5-24, jul./dez. 2008.
- BILA, Jacob Miguel; SANQUETTA, Carlos Roberto; MACHADO, Sebastião do Amaral. Classificação de sítios com base em fatores edáficos para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* na região de Prata, Minas Gerais. **Revista Floresta**, v. 42, n. 3, p. 465-474, 2012.
- BRITO, José Otávio. Produtos florestais não-madeireiros: um importante potencial nas florestas. **Boletim Informativo**. ARESB, Avaré, n. 47, p.4, 2003.
- BERTOLOTI, Gilmar; SIMÕES, João Walter; NICOLIELO, N. Efeito de diferentes métodos e intensidades de desbaste na produtividade de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf. **IPEF**, Piracicaba, n. 24, p. 47-54, 1983.

- BAMBERG, Rogério. **Análise da influência das variáveis meteorológicas no crescimento em diâmetro e altura de quatro espécies florestais**. 2019. 56 f. Tese de Doutorado - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019.
- BEHLING, Alexandre. **A produção de biomassa e o acúmulo de carbono em povoamentos de acácia-negra em função de variáveis bioclimáticas**. 2014. 158 f. Dissertação (Mestrado)–Setor de Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.
- OLIVEIRA CASTRO, R. V., CUNHA, A. B., DA SILVA, L. V., LEITE, H. G., & DA SILVA, A. A. L. *et al.* Growth and production modeling for a *Eucalyptus* population by the use of two methods for the quantification of the site index. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 105, p. 83-90, 2015.
- ĆIRKOVIĆ-MITROVIĆ, T., POPOVIĆ, V., BRAŠANAC-BOSANAC, L., RAKONJAC, L., & LUČIĆ, A. *et al.* The impact of climate elements on the diameter increment of Austrian pine (*Pinus nigra* Arn.) in Serbia. **Archives of Biological Sciences**, [S.I.], v. 65, n. 1, p. 161-170, 2013.
- COMTRADRE. **UN Comtrade Database**. Disponível em: <http://comtrade.un.org/>. Acesso em: 20 ago. 2018.
- COSTA, Beatriz Souza; OLIVEIRA, Márcio Luís. Florestas plantadas de eucalipto no Brasil: uma cultura nociva aos recursos hídricos. **Veredas do Direito**, Belo Horizonte, v. 16, n. 36, p. 123-141, 2019.
- CIPRIANI, Henrique Nery. **Silvicultura para a Amazônia**. Embrapa Rondônia. Disponível em: <https://www.portaldoadronegocio.com.br/artigo/silvicultura-para-a-amazonia>. Acesso em: 20 ago. 2018.
- CARNEIRO, Rafaela Lorenzato. **Caracterização da capacidade fotossintética e da condutância estomática em árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e de *Pinus taeda* em Itatinga, São Paulo**. 2013. 85 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.
- COCHRAN, William G. **Sampling Techniques**. John Wiley & Sons, New York, n. 3, 1977.
- CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Porto Alegre: Artmed, 2003.
- DEDECEK, Renato Antonio; MENEGOL, Osmar; BELLOTE, Antonio Francisco J. Avaliação da compactação do solo em plantios jovens de *Pinus taeda*, com diferentes sistemas de preparo do solo. **Embrapa Florestas-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, Colombo, n. 40, p. 5-21, jan./jun. 2000.
- DICK, Grasielle; SCHUMACHER, Mauro Valdir. Raízes finas em árvores jovens de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Revista Ecologia e Nutrição Florestal/Ecology and Forest Nutrition**, Santa Maria, v. 7, n. 3, p. 1-7, 2019.
- DICK, Grasielle. **Fertilização mineral em *Eucalyptus dunnii* Maiden: efeitos nos estoques dos nutrientes**. 2018. 96 f. Tese de doutorado - Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.
- DOSSA, D., DA SILVA, H. D., BELLOTE, A. F. J., & RODIGHERI, H. R. *et al.* Produção e rentabilidade de pinus em empresas florestais. **Embrapa Florestas-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, Colombo, p. 1-6, dez./2002.
- DAVID, H. C., NETTO, S. P., ARCE, J. E., DALLA CORTE, A. P., MARINHESKI FILHO, A., & ARAÚJO, E. J. G. *et al.* Efeito da Qualidade do Sítio e do

- Desbaste na Produção de Pinus. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 24, p.1-11, 2017.
- DAVID, H. C., ARCE, J. E., NETTO, S. P., CORTE, A. P. D., MARINHESKI FILHO, A., & ARAÚJO, E. J. G. D. *et al.* Efeito do Desbaste e da Qualidade do Sítio na Relação Hipsométrica de *Pinus taeda*. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 2, p. 220-228, 2016.
- ESTEBAN, Erick Jonathan Lavado. **Tree dynamics in response to climate change: importance of topography and functional traits in central Amazonia**. 2019. 84 f. Dissertação (Mestrado) -Programa de Pós-graduação em Ciências de Florestas Tropicais, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Manaus, 2019.
- SILVA, V. E., SILVA, P. R. T. D., MONTANARI, R., LISBOA, S. D. D. S., BATELLO, E. R. B., AGUILAR, J. V., ... & ALBERTINI, M. M. *et al.* Produtividade de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e suas relações com atributos químicos dos solos em região de Cerrado brasileiro. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 29, n. 1, p. 292-306, jan./mar. 2019.
- EVANS, Julian. **Plantation forestry in the tropics**. Clarendon Press, Oxford, 1996.
- FERREIRA, Angel Thiane Boschiero. **Caracterização da estrutura anatômica do lenho, dos anéis de crescimento e dos canais de resina de árvores de Pinus caribaea var. hondurensis Barr. et Golf**. 2009. 84 f. Tese de Doutorado – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.
- FERREIRA, Angel Thiane Boschiero; TOMAZELLO FILHO, Mario. Caracterização dos anéis de crescimento de árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf. por densitometria de raios x. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 83, p. 287-298, 2009.
- FIGUEIREDO FILHO, Afonso; MACHADO, Sebastião do Amaral; HOSOKAWA, Roberto Tuyoshi. Avaliação econômica da resinagem em florestas de *Pinus elliottii engelm.* var. *elliottii*. **IPEF**, Piracicaba, n.45, p.48-63, 1992.
- FOELKEL, Celso Edmundo Bochetti. Eucalipto no Brasil. **Visão Agrícola**: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ, Piracicaba, n. 4, p. 66-69, 2005.
- FRANCIS, J.K. **Pinus caribaea morelet: Caribbean pine**. Departament of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, p. 1-10, 1992.
- FRITZSONS, E., MANTOVANI, L., & AGUIAR, A. D. *et al.* Carta de zoneamento de *Pinus caribaea* para o estado do Paraná. **Embrapa Florestas-Documents (INFOTEC-A-E)**, Colombo, p. 1-11, 2013.
- FONSECA, Mariana Duarte Silva. **Trocas gasosas e crescimento inicial de clones de eucalipto em diferentes condições térmicas e hídricas**. 2019. 83 f. Tese de Doutorado – Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2019.
- GONZÁLEZ, Alejandro Danilo Venegas. **Dendrocronologia de árvores de Tectona grandis L. e Pinus caribaea var. hondurensis Barr. et Golf de plantação da Mata da Pedreira, Campus da ESALQ-USP, Piracicaba, SP**. 2013. 143 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.
- CARLESSO, F., GÓMEZ, J. M. R., VIEIRA, L. E. A., SAVONOV, G. D. S., BERNI, L. A., & COSTA, L. L. *et al.* Solar Irradiance: basic concepts. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [S.I.], v. 40, n. 3, p. 1-12, 2018.

- GONZÁLEZ-OCHOA, A. I., LAS HERAS, J., TORRES, P., & SÁNCHEZ-GÓMEZ, E. *et al.* Mycorrhization of *Pinus halepensis* Mill. and *Pinus pinaster* Aiton seedlings in two commercial nurseries. **Annals of forest science**, [S.I], v. 60, n. 1, p. 43-48, 2003.
- HESS, André Felipe; RICKEN, Pollyni; CIARNOSCHI, Lucas Dalmolin. Dendrocronologia, incremento e manejo florestal em floresta de araucária-SC. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 4, p. 1568-1582, 2018.
- HODGE, Gary; DVORAK, William. Genetic parameters and provenance variation of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in 48 international trials. Canadian Journal of Forest Research. Toronto, v. 31, p. 496-511, 2001.
- INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES –IBÁ. **Relatório Ibá 2018**. Brasília, 2018. Disponível em:
https://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf. Acesso em: 20. set. 2018.
- JUVENAL, Thais Linhares; MATTOS, René Luiz Grion. O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 16, p. 3-30, set./ 2002.
- KOHLER, Sintia Valerio; KOEHLER, Henrique Soares; FIGUEIREDO FILHO, Afonso. Modelos de afilamento para *Pinus taeda* por classes de idade. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 4, p. 470-479, 2013.
- KRONKA, Francisco José do Nascimento; BERTOLANI, Francisco; PONCE, Reinaldo H. **A cultura do pinus no Brasil**. Sociedade Brasileira de Silvicultura, São Paulo, p. 35-156, 2005.
- KITAO, M., LEI, T. T., KOIKE, T., TOBITA, H., & MARUYAMA, Y. *et al.* Susceptibility to photoinhibition of three deciduous broadleaf tree species with different successional traits raised under various light regimes. **Plant, Cell and Environment**, [S.I.], n. 23, p.81-89, 2000.
- KANIESKI, M. R., SANTOS, T. L., GRAF NETO, J., SOUZA, T., GALVÃO, F., & RODERJAN, C. V. *et al.* Influence of precipitation and temperature in the diameter increase of floodplain species in Araucaria - PR. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 1, p. 17-25, 2012.
- KAGEYAMA, P. Y.; CASER, R. L.; Adaptação de espécies de pinus na região nordeste do Brasil. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v.3, n.10, p.33 – 56, 1982.
- LIMA, R., INOUE, M. T., FIGUEIREDO FILHO, A., ARAUJO, A. J. D., & MACHADO, S. D. A. *et al.* Efeito do espaçamento no desenvolvimento volumétrico de *Pinus taeda* L. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 2, p. 223-230, 2013.
- LOIOLA, Tásilla Magalhães. Análise dendrocronológica do crescimento de *Araucaria angustifolia* (bertol.) kuntze no planalto serrano de Santa Catarina. **HOLOS**, Natal, v. 2, p. 1-9, 2019.
- LUZ, Ana Luísa de Oliveira Moreira da. **Análise da formação dos anéis de crescimento anual das árvores ao longo dum ciclo de actividade cambial**. 2011. 118 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2011.
- LEMONS FILHO, L. C., CARVALHO, L. G., EVANGELISTA, A. W., & ALVES JÚNIOR, J. *et al.* Análise espacial da influência dos elementos meteorológicos sobre a evapotranspiração de referência em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 12, p. 1294-1303, 2010.

- LORENSI, Caren; PRESTES, Alan. Dendroclimatologia com amostras de *Araucaria angustifolia* coletadas em Santa Catarina. **Revista Univap**, São José dos Campos, v. 24, n. 44, p. 1-12, 2018.
- LANDSBERG, Joe. Physiology in forest models: history and the future. **FBMIS**, London, v.1, p.49-63, Sept. 2003.
- LANDSBERG Joe; SANDS, Peter. Physiological ecology of forest production: principles, processes, and models. **Elsevier**:Academic Press, Amsterdam, ed. 1, v. 4, p. 245-298, 2011.
- MACHADO, S. D. A., ZAMIN, N. T., NASCIMENTO, R. G. M., & SANTOS, A. A. P. D. *et al.* Efeito de variáveis climáticas no crescimento mensal de *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia* em fase juvenil. **Floresta e ambiente**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 2, p. 170-181, 2014.
- MIGUEL, E. P., LEAL, F. A., ONO, H. A., & LEAL, U. A. S. *et al.* Modelagem na predição do volume individual em plantio de *Eucalyptus urograndis*. **Revista Brasileira Biomassa**, São Paulo, v. 32, n. 4, p. 584-598, 2014.
- MEDEIROS, G. I., FLORINDO, T. J., SCHULTZ, G., & TALAMINI, E. *et al.* Análise da competitividade da cadeia produtiva de oleresina de *Pinus* Brasileira. **Revista Espacios**, [S.l.], v. 38, n. 27, 2017.
- MARENCO, Ricardo Antonio; LOPES, Nei Fernandes. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas, nutrição mineral**. UFV, Viçosa, 2009.
- MEDEIROS, Raquel da Silva. **Estudo da anatomia do lenho e dendrocronologia de árvores de *Copaifera multijuga* Hayne na Amazônia brasileira e sua relação com o manejo e extração de oleorresina**. 2016. 190 f. Tese de Doutorado – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.
- MOREIRA, Rodrigo César Silva; QUADROS, Natieli Kleinibing; ALVES, Vilmar dos Santos. Análise do mercado de goma resina no cone sul de Rondônia no ano de 2016. **Revista Diálogos: Economia e Sociedade**, Campinas, v. 2, n. 1, p. 108-122, 2018.
- MOURA, Vicente Pongitory Gifoni; DVORAK, William Stephen. Provenance and Family variation of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* from Guatemala and Honduras, grown in Brazil, Colombia and Venezuela. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 2, p. 225-234, 2001.
- MORAES, M. L. T., MISSIO, R. F., DA SILVA, A. M., CAMBUIM, J., DOS SANTOS, L. A., & DE RESENDE, M. D. V. *et al.* Efeito do desbaste seletivo nas estimativas de parâmetros genéticos em progênes de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 74, p. 55-65, 2007.
- MONTEIRO, Claudio Henrique Barbosa. Mortalidade de *Pinus caribaea* var.*caribaea* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* na produção resineira e pecuária na região Norte de Minas Gerais, Brasil. **PUBVET**, Maringá, v. 10, n. 1, p. 105-110, 2016.
- NOIA JÚNIOR, Rogério de Souza. Ecophysiology of C3 and C4 plants in terms of responses to extreme soil temperatures. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, [S.l.], v. 30, n. 3, p. 261-274, Sept. 2018.
- NASCIMENTO, F. A. F., DIAS, A. N., FIGUEIREDO FILHO, A., DE MAGALHÃES MIRANDA, G., & ARCE, J. E. *et al.* A system for *Pinus taeda* growth and yield in the north of Santa Catarina. **Cerne**, Lavras, v. 21, n. 2, p. 235-242, 2016.

- NEVES, Generci Assis. *et al.* Aproveitamento do *Pinus resinosa*. **Revista Madeira**, [S.I.], v.99, 2006.
- NEVES, Generci Assis; MARTINS, Carlos Alberto; MIYASAVA, Jorge; MOURA, Adelson Francisco de. **Análise econômico-financeira da exploração de pinus resinífero em pequenos módulos rurais**. 2001. 57 f. Trabalho de Conclusão de Cursos (Especialização) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- OYAMAKIN, S. O., CHUKWU, A. U., & BAMIDURO, T. A. *et al.* On comparison of exponential and hyperbolic exponential growth models in height/diameter increment of PINES (*Pinus caribaea*). **Journal of Modern Applied Statistical Methods**, Detroit, v. 12, n. 2, p. 381-404, 2013.
- OLIVEIRA Juliano Morales de. **Anéis de crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze: bases de dendroecologia em ecossistemas subtropicais montanos no Brasil**. 2007. 139 f. Tese de Doutorado – Programa de Pós Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
- SANTOS PEREIRA, D., MONTANARI, R., OLIVEIRA, C. F., DE ALMEIDA RAMOS, J. C., PANOSSO, A. R., DE SOUZA, Z. M., & GONZÁLEZ, A. P. *et al.* Physical Quality of an Oxisol in Different Agricultural Systems in Brazilian Cerrado. **Journal of Agricultural Science**, [S.I.], v. 10, n. 7, p. 46, 2018.
- PLUMPTRE, R. A. ***Pinus caribaea* volume 2: wood properties**. Commonwealth Forestry Institute: University of Oxford, Oxford, 1984.
- PRETZSCH, Hans. **Forest dynamics, growth and yield: from measurement to model**. Springer, Berlin, p. 1-39, 2010.
- PINTO JÚNIOR, José Elidney; JACOB, Walter Sales. Boletim Informativo da Região Leste. **IPEF**, Piracicaba, v. 7, n.23, p. 1-60, 1979.
- PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.
- PHILLIPS, O. L., LEWIS, S. L., BAKER, T. R., CHAO, K. J., & HIGUCHI, N. *et al.* The changing Amazon forest. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, Scotland, v. 363, n. 1498, p. 1819-1827, 2008.
- REZENDE, José Luiz Pereira; OLIVEIRA, Antônio Donizette de. **Análise Econômica e Social de Projetos Florestais**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, n. 3, p. 120-187, 2013.
- QUEIROZ, Waldenei Travassos de. **Amostragem em Inventário Florestal**. Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2012.
- SOARES, Carlos Pedro Boechat; NETO, Francisco de Paula; SOUZA, Agostinho Lopez de. **Dendrometria e inventario florestal**. Editora UFV, Viçosa, n. 2, p. 129-261, 2011.
- SONG, Zhanqian; LIANG, Zhiqin; LIU, Xing. Chemical characteristics of oleoresins from Chinese pine species. **Biochemical systematics and ecology**, [S.I.], v. 23, n. 5, p. 517-522, 1995.
- SANTOS, Wanderley dos. **Variação genética e desempenho de progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* para produção de madeira e resina**. 2014. 98 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, 2014.
- SETTE JR, C. R., TOMAZELLO FILHO, M., DIAS, C. T. D. S., & LACLAU, J. P. *et al.* Crescimento em diâmetro do tronco das árvores de *Eucalyptus grandis*

- W. Hill. ex. Maiden e relação com as variáveis climáticas e fertilização mineral. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 979-990, 2010.
- SILVA, R. F., ANTONIOLLI, Z. I., ANDREAZZA, R., & KAMINSKI, J. *et al.* Comunidade de fungos micorrízicos arbusculares em solo cultivado com eucalipto, pinus e campo nativo em solo arenoso, São Francisco de Assis, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 3, p. 353-361, 2008.
- SANTOS, R. M. M., ARCE, J. E., DIAS, A. N., MARTARELLO, V., & ROVEDA, M. *et al.* Classification of productive capacity of *Pinus taeda* L. plantations in the western region of Santa Catarina State, Brazil. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 16, n. 2, p. 211-218, 2017.
- SILVA, Maycon Thuan Saturnino da. **Análise do mercado e influência da resinagem no crescimento e produção de Pinus**. 2018. 103 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2018.
- SCHLINDWEIN, J. A., MARCOLAN, A. L., FIORELI-PERIRA, E. C., DE LUNA PEQUENO, P. L., & MILITÃO, J. S. T. L. *et al.* Solos de Rondônia: usos e perspectivas. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia/Brazilian Journal of Science of the Amazon**, Porto Velho, v. 1, n. 1, p. 213-231, 2012.
- SCHNEIDER, Paulo Renato; SCHNEIDER, Paulo Sérgio Pigatto. **Introdução ao manejo florestal**. FACOS-UFSM, Santa Maria, n. 2, p. 232-287, 2008.
- SCHNEIDER, P. R., ELESBÃO, L. E. G., SCHNEIDER, P. S. P., & LONGHI, R. V. *et al.* Crescimento em diâmetro do *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* em áreas arenizadas e degradadas no Oeste do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 9, p. 1561-1567, 2014.
- SILVA, Fernando; PIMENTEL, Andréia; CORTE, Ana Paula Dalla; SANQUETTA, Carlos Roberto. Site classification of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in the region of Triângulo Mineiro, Minas Gerais, Brazil. **Ciência Agrária Ambiental**, Curitiba, v. 11, p. 105-112, 2013.
- SCOLFORO, José Roberto Soares. **Biometria florestal: modelos de crescimento e produção florestal**. UFLA/FAEPE, Lavras, 2006.
- SAXE, H., CANNELL, M. G., JOHNSEN, Ø., RYAN, M. G., & VOURLITIS, G. *et al.* Tree and forest functioning in response to global warming. **New Phytologist**, [S.I.], v. 149, n. 3, p. 369-399, 2001.
- SHIMIZU, Jarbas Yukio (Ed.). **Pínus na silvicultura brasileira**. Embrapa Florestas, Colombo, p. 49-74, 2008.
- SILVA, Janete Motta da. **Análises genéticas em progênies de *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* por caracteres quantitativos e marcadores moleculares**. 2005. 145 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, 2005.
- SILVA, J. M., AGUIAR, A. V., MORI, E. S., & TEIXEIRA DE MORAES, M. L. *et al.* Variação genética e ganho esperado na seleção de progênies de *Pinus caribaea* var. *caribaea* em Selvíria, MS. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, p. 241-252, 2011.
- SILVA, Márcio Lopes da; JACOVINE, Laércio Antônio Gonçalves; VALVERDE, Sebastião Renato. **Economia florestal**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.
- SILVA, Márcio Lopes da Silva; FONTES, Alessandro Albino. Discussão sobre os critérios de avaliação econômica: Valor Presente Líquido (VPL), Valor Anual Equivalente (VAE) e Valor Esperado da Terra (VET). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n.6, p. 931-936, 2005.

- STEPKA, Thiago Floriani. **Modelagem do crescimento e dendrocronologia em árvores nativas de *Araucaria angustifolia*, *Cedrela fissilis* e *Ocotea porosa* no sul do Brasil**. 2012. 207 f. Tese de Doutorado em Engenharia Florestal – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.
- SILVA, V. E., SILVA, P. R. T. D., MONTANARI, R., LISBOA, S. D. D. S., BATELLO, E. R. B., AGUILAR, J. V., ... & ALBERTINI, M. M. *et al.* Produtividade de *Pinus caribaea* VAR. *hondurensis* e suas relações com atributos químicos dos solos em região de Cerrado brasileiro. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 29, n. 1, p. 292-306, 2019.
- TESKEY, R., WERTIN, T., BAUWERAERTS, I., AMEYE, M., MCGUIRE, M. A., & STEPPE, K. *et al.* Responses of tree species to heat waves and extreme heat events. **Plant, Cell & Environment**, Hoboken, v. 38, n. 9, p. 1699-1712, Set. 2015.
- TEO, Saulo Jorge. **Modelagem do crescimento e produção de árvore individual independente da distância, para *Pinus taeda* L., na região meio oeste do estado de Santa Catarina**. 2017. 283 f. Tese de Doutorado em Engenharia Florestal – Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.
- TONINI, H., MORALES, M. M., SILVA, V. P. D., LULU, J., & FARIAS NETO, A. L. D. *et al.* Efeito do sistema de plantio e da exposição solar sobre a alocação da biomassa no desenvolvimento inicial do eucalipto. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 29, n. 1, p. 86-95, 2019.
- TROVATI, Luiz Roberto; FERRAZ, Epaminondas Sansigolo de Barros. Influência da precipitação e da temperatura na densidade dos anéis de crescimento de *Pinus oocarpa*. **IPEF**, Piracicaba, n. 26, p. 31-36, 1984.
- TAMBARUSSI, E. V., SEBBENN, A. M., MORAES, M. L. T. D., ZIMBACK, L., & PALOMINO, E. C. *et al.* Estimative of genetic parameters in progeny test of *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barret & Golfari by quantitative traits and microsatellite markers. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 39-47, 2010.
- TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo. **Fisiologia Vegetal**. Artmed, Porto Alegre, n. 5, 2013.
- VOIGTLAENDER, Maureen. **Caracterização hidrológica e biogeoquímica de microbacias: uma comparação entre Mata Atlântica e *Pinus taeda* L.** 2007. 75 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- VITALE, Vinicius; MIRANDA, Gabriel de Magalhães. Análise Comparativa da Viabilidade Econômica de Plantios de *Pinus Taeda* e *Eucalyptus dunniina* Região Centro Sul do Paraná, **Revista Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 3, p. 469-476. 2010.
- VIERA, Márcio; SCHUMACHER, Mauro Valdir. Teores e aporte de nutrientes na serapilheira de *Pinus taeda* L., e sua relação com a temperatura do ar e pluviosidade. **Revista árvore**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 85-94, 2010.
- WOLFF II, N. I., BUENO, A. N., DE MIRANDA, R. O. V., KOHLER, S. V., & SERPE, E. L. *et al.* Modelagem do crescimento e produção empregando anatro em *Pinus taeda* L. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 4, n. 1, p. 52-57, 2019.
- ZHENG, Ying; ENNOS, Richard. Genetic variability and structure of natural and domesticated populations of Caribbean pine (*Pinus caribaea* Morelet). **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, n. 98, p. 765-771, 1999.

ZIMMERMANN, Martin Huldrych; BROWN, Charles Lewis. **Trees Structure and Function.** Spring-Verlag, Nova York, 1974.