



SUELEN FRANCISCA RIBEIRO

**CRESCIMENTO E FENOLOGIA DE *Araucaria angustifolia*
(Bertol.) Kuntze EM TRÊS COTAS DE UM GRADIENTE DE
ALTITUDE NA SERRA DA MANTIQUEIRA**

**LAVRAS- MG
2017**

SUELEN FRANCISCA RIBEIRO

**CRESCIMENTO E FENOLOGIA DE *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze EM
TRÊS COTAS DE UM GRADIENTE DE ALTITUDE NA SERRA DA
MANTIQUEIRA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Botânica Aplicada, para obtenção do Título de Doutor.

Prof. Dr. João Paulo R. A. D. Barbosa
Orientador
Prof. Dra Ana Carolina M. C. Barbosa
Coorientadora

**LAVRAS- MG
2017**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Ribeiro, Suelen Francisca.

Crescimento e Fenologia de *Araucaria angustifolia* (Bertol.)
Kuntze em três cotas de um gradiente de altitude na serra da
Mantiqueira / Suelen Francisca Ribeiro. - 2017.

75 p. : il.

Orientador(a): João Paulo Rodrigues Alves Delfino Barbosa.

Coorientador(a): Ana Carolina Maioli Campos Barbosa.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2017.

Bibliografia.

1. Araucariaceae. 2. Atividade cambial. 3. Fenofases. I.
Barbosa, João Paulo Rodrigues Alves Delfino. II. Barbosa, Ana
Carolina Maioli Campos. III. Título.

SUELEN FRANCISCA RIBEIRO

**CRESCIMENTO E FENOLOGIA DE *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze EM
TRÊS COTAS DE UM GRADIENTE DE ALTITUDE NA SERRA DA
MANTIQUEIRA**

**GROWTH AND PHENOLOGY OF *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze IN THREE
QUOTES OF A GRADIENT OF ALTITUDE IN THE RANGE OF MANTIQUEIRA**

Tese apresentada à Universidade
Federal de Lavras, como parte
das exigências do Programa de
Pós-Graduação em Botânica
Aplicada, para obtenção do Título
de Doutor.

APROVADA em 03 de abril de 2017.
Dr. Giordane Augusto Martins INPA
Dr. Eduardo Van Den Berg UFLA
Dr. Gustavo Habermann UNESP

Prof. Dr. João Paulo Rodrigues Alves Delfino Barbosa UFLA
Orientador

Dra. Ana Carolina Maioli Campos Barbosa UFLA
Coorientadora

**LAVRAS-MG
2017**

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal de Lavras em especial ao Departamento de Biologia, pela oportunidade e às secretárias do Departamento.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Botânica Aplicada, pela oportunidade de me aprofundar na área, em especial ao Professor Dr. Evaristo Mauro de Castro, que como coordenador muito se esforçou e trabalhou pelo programa e seus discentes.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), projeto: APQ-01960-12 e à Fundação Grupo Boticário de Proteção à Natureza, projeto: 1015_20142, que viabilizaram a realização desse projeto com o apoio financeiro.

Agradeço à RPPN Alto-Montana na figura do Paulinho pela acolhida no desenvolvimento do projeto.

À APA da Serra da Mantiqueira, na pessoa da Selma por nos receber no alojamento!

Agradeço à minha Coorientadora e responsável pelo projeto Ana Carolina pela orientação, muita paciência e disposição sempre.

Agradeço ao meu Orientador, professor João Paulo pela disponibilidade em me orientar, pela paciência e pelos muitos questionamentos que contribuíram para minha formação.

Obrigada à este comitê de orientação pela orientação em si e por serem exemplos de profissionais, pela persistência mesmo quando o cansaço foi elevado.

Obrigada aos companheiros do Programa de Botânica, àqueles que se tornaram amigos especiais importantes durante a caminhada de doutoramento.

Agradeço em especial aos colegas do Laboratório de Ecofisiologia Vegetal, do Laboratório de Dendroecologia e do Departamento de Ciências Florestais. À estes muitos que se tornaram grandes parceiros de campo e amigos. Agradeço à Joelma e ao Zé Pedro, por terem facilitado as viagens à campo. Todos vocês foram fundamentais, é impossível fazer qualquer trabalho sozinho e esse simplesmente não aconteceria sem a contribuição de cada um.

Afinal como andar sozinho os 15,5 Km na Serra da Mantiqueira todos os meses? Foram momentos de muita adrenalina, com conversas enriquecedoras, questionamentos e risadas que tornaram o caminho menos árduo, por isso um agradecimento especial à vocês:

Ana Luiza, Daynara, Nayara, Vanessa, Debora, Bernardo, Guilherme, Flávia, Monik, Matheus, Tácio, Clarissa, Gustavo, Leandro, Bruno, Gabriel, Lorena, Carol Corrêa, Carol

Carvalho, Roniel, em especial aos Brothers Jean e Geovanni, a dupla dinâmica. Obrigada à vocês, alguns doaram mais do que tempo e disposição, doaram também rim, pernas, braços, calcanhares, me desculpe ai gente, minha gratidão!!!

Agradeço às amigas de república que me deram um lar neste tempo, Cris, Jaiane, Paula, Flávia, Nayara, Raquel, Ane.

Agradeço às companheiras de Redação de Tese, Ane e Vanessa, com certeza foi mais fácil estar juntas nestes momentos finais.

Agradeço aos amigos do Laboratório de Ecofisiologia Vegetal, vocês foram os melhores colegas de trabalho e amigos, valeu por todos os momentos!!!

Agradeço aos meus familiares, ao meu pai Júlio (*in memoriam*) meu primeiro mestre, à quem dedico essa realização pessoal. À minha mãe, Maria, que sempre torceu por mim, acreditando em mim até mais do que eu mesma. Agradeço também aos meus irmãos, que me apoiaram e me incentivaram neste caminho, Márcio, Márlon e Wellington que também me ajudou em campo, obrigada também aos meus sobrinhos queridos, Jardyan, Elayla, Yasmin, Gabriela, Nathália e Emanuelle, vocês são o melhor refúgio.

Agradeço ao Senhor que escolhi seguir pela fé, e a Quem eu credito todas as realizações até aqui, obrigada Deus!

RESUMO

O gradiente altitudinal sintetiza as variações ambientais que podem ocorrer ao longo de gradientes latitudinais, promovendo a diferenciação na estrutura, processos ecológicos e distribuição das espécies. Estudos nestes ambientes permitem inferir sobre as respostas das plantas às modificações nas condições ambientais em escalas micro e macroclimáticas. Portanto, objetivou-se neste estudo estudar as respostas de crescimento radial e fenológicas reprodutivas da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze à elevação do gradiente. Para tal, foi escolhido os gradientes da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Alto-Montana localizada no Complexo da Serra da Mantiqueira. Foram observados 58 indivíduos de *Araucaria angustifolia*, distribuídos em três subpopulações, situadas à 2000m, 1700m e 1540m de altitude na RPPN, durante 28 meses. Para análise do crescimento radial foram instalados dendrômetros manufaturados, e realizadas medições mensais. Para a fenologia observou-se durante o período de 12 meses, as emissões das estruturas reprodutivas de 60 indivíduos de *A. angustifolia* nas mesmas cotas altitudinais. Dados de temperatura, umidade, precipitação, radiação global, horas de insolação, déficit de pressão de vapor e capacidade de armazenamento de água no solo, assim como observações à cerca da competição foram analisados para interpretação das respostas de crescimento à elevação. Os gradientes foram caracterizados distintamente pelas variáveis, temperatura, radiação, umidade, DPV, enquanto a capacidade de armazenamento de água foi semelhante para as áreas. As diferenças na fenologia reprodutiva se mostrou inconclusiva com os dados ambientais. O ritmo de crescimento das Araucárias nos três gradientes não foram distintos com o uso de cintas dendrométricas, contudo a reconstrução do crescimento evidencia árvores mais velhas e de crescimento lento na cota altitudinal de 2000m. As condições ambientais no gradiente mais elevado propiciou o crescimento lento das Araucárias, mesmo com os menores índices de competição encontrado.

Palavras-chave: Araucariaceae. Atividade cambial. Fenofases. Microclima.

ABSTRACT

The altitudinal gradient synthesizes environmental variations which can occur along latitudinal gradients and promotes differentiation in structure, ecological processes and species distribution. Studies in such environments can allow us to make inferences about plant responses to shifts in both micro and macroclimatic environmental conditions. Therefore, this study aimed to assess the radial growth and reproductive phenological responses of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze in relation to gradient elevation. For such, gradients at the Private Natural Heritage Reserve (RPPN) Alto-Montana, located at the Mantiqueira Range were chosen. During 28 months, 58 *Araucaria angustifolia* individuals were observed, distributed in three subpopulations situated at the elevations of 2000m, 1700m and 1540m along the RPPN. Manufactured dendrometers were installed for radial growth analysis and measures were carried out monthly. For phenology, reproductive structures sprouting from 60 *A. angustifolia* individuals were observed during 12 months at the correspondent elevations. Temperature, moisture, precipitation, global radiation, insolation, vapor-pressure deficit (DPV) and soil water holding capacity data as well as observations concerning competition were analyzed in order to interpret the growth responses to elevation. The gradients were distinctively characterized by the temperature, radiation, moisture and DPV variables, whereas water holding capacity was similar along the areas. Differences in reproductive phenology turned out to be inconclusive as compared to environmental data. Araucarias growth pace in the three gradients was not distinct, although the growth reconstruction indicates older, slower-growing trees at the 2000m elevation.

Kew-Words: Araucariaceae. Cambial activity. Phenophases. Microclimate.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Representação gráfica do escopo da tese, com representação das escalas espaço-temporais abordadas.....	14
Figura 2- Localização geográfica da área de estudo com a localização das subpopulações de Araucárias na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Altomontana da Serra Fina, parte da cadeia montanhosa da Serra da Mantiqueira	28
Figura 3- Esquema representando a Araucária e a profundidade da raiz e a capacidade de exploração do solo, utilizado no cálculo do balanço hídrico.....	30
Figura 4- Ilustração de como foram abordadas as árvores para medições da circunferência à altura do peito (CAP) dos “vizinhos” próximos no entorno da árvore de Araucária com cinta dendrométricas para avaliação do Índice de competição.....	32
Figura 5- Cinta dendrométricas de aço inoxidável instalada à 1,30cm acima do solo nas árvores de <i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze.....	33
Figura 6- Partes dos ramos de indivíduos diferentes de <i>A. angustifolia</i> evidenciando as terminações finais que mostram as estruturas reprodutivas.....	34
Gráfico 1- Médias de temperaturas do ar, máxima, média e mínima para as cotas do gradiente altitudinal na área de estudo.....	36
Gráfico 2- Médias do Déficit de pressão de vapor (DPV) máximas, médias e mínimas mensais para as cotas altitudinais.....	38
Gráfico 3- Precipitação acumulada para a cidade de Itanhandu, distante 40 Km da área de estudo, nos anos de 2014, 2015 e 2016.....	39
Gráfico 4- Capacidade de armazenamento de água no solo nas três cotas altitudinais na RPPN Altomontana na Serra da Mantiqueira em 2014, 2015 e 2016	40
Gráfico 5- Quantidade de Radiação Global recebida pelas três cotas altitudinais na RPPN Altomontana em área da Serra da Mantiqueira.....	41
Gráfico 6- Horas de insolação recebida pelas três cotas altitudinais na RPPN Altomontana em área da Serra da Mantiqueira.....	42
Gráfico 7- Curvas de incremento anual obtidas pela contagem e medidas da largura dos anéis de crescimento da medula à casca.....	44
Gráfico 8- Crescimento radial cumulativo dos indivíduos de Araucária nos gradientes altitudinais na população localizada na RPPN Altomontana.....	45
Gráfico 9- Incremento radial mensal para todas as cotas no período de 2014 à 2016.....	46
Gráfico 10- Séries temporais analisadas para o incremento radial cumulativo de <i>A. angustifolia</i> nas três cotas altitudinais.....	48

Gráfico 11- Distribuição do número de indivíduos por sexo nas diferentes classes diamétricas por cota altitudinal, A)2000m, B) 1700m e C) 1540m..... 51

Gráfico 12- Fenologia circular com frequência do evento de emissão dos estróbilos imaturos e maduros de árvores femininas e masculinas..... 54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Correlações entre o incremento mensal e as variáveis ambientais analisadas.....	49
Tabela 2- Número de indivíduos e distribuição entre os sexos dos indivíduos de <i>A. angustifolia</i> nas cotas altitudinais	50
Tabela 3- Correlações entre as fenofases de <i>A. angustifolia</i> e variáveis ambientais.....	52

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS.....	15
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
3.1 Fatores relacionados ao crescimento	16
3.2 Respostas de crescimento	18
3.3 Aspectos fenológicos reprodutivos de <i>A. angustifolia</i>	22
3.4 Competição no incremento radial de <i>A. angustifolia</i>	25
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	27
4.1 Área de pesquisa	27
4.2 Caracterização e delimitação da pesquisa.....	29
4.2.1 Características ambientais.....	29
4.2.2 Capacidade de armazenamento de água no solo.....	30
4.2.3 Análise das horas de insolação e radiação global	31
4.2.4 Análise da competição	31
4.3 Avaliação do crescimento	33
4.3.1 Reconstrução do crescimento	34
4.4 Análise da fenologia reprodutiva	34
4.5 Análise dos dados	35
5.0 RESULTADOS	35
5.1 Caracterização das cotas altitudinais quanto aos fatores abióticos e bióticos	35
5.2 Fator biótico nos gradientes altitudinais	43
5.3 Crescimento das Araucárias nas cotas altitudinais	43
5.3.1 Reconstrução do crescimento anual.....	43
5.3.2 Periodicidade e ritmo de crescimento	45
6. DISCUSSÃO.....	57
6.1 Fenologia	61
7. CONCLUSÃO.....	63
REFERÊNCIAS.....	64

1. INTRODUÇÃO

O crescimento das plantas está diretamente relacionado com as condições de sítio a que estão sujeitas somado às condições endógenas de cada indivíduo. As arbóreas, como todas as plantas em geral, são sensíveis às modificações das condições ambientais e ecológicas, que ficam registradas em seu crescimento. Dentre os fatores climáticos aos quais as plantas são sensíveis destaca-se a temperatura do ar e precipitação que como fatores abióticos influenciam no crescimento que pode ser visto em escala macro, como o incremento periódico das raízes, tronco e copa (ZANON; FINGER, 2010).

Os estímulos bióticos (as relações com outros indivíduos e espécies) e abióticos (variações em temperatura, precipitação, radiação solar, umidade, disponibilidade de água no solo e condições edáficas), ao interagirem com as condições endógenas específicas, direcionam o crescimento das plantas (LARCHER, 2004). Dessa forma, as árvores em geral atuam como poderosos dispositivos que respondem aos estímulos (FRITTS, 1976), após interceptação e decodificação do ambiente ao seu entorno, ativando processos de modificações fisiológicas coordenados geneticamente que produzirão aumento de biomassa e acréscimo de estruturas (FRITTS, 1976; LARCHER, 2004; ZANON; FINGER, 2010).

As condições ambientais podem influenciar positiva ou negativamente a distribuição das espécies, determinando a composição das áreas vegetais, uma vez que as condições de sítio limitam as interações bióticas entre as espécies. As modificações nas forças motoras abióticas para o crescimento e desenvolvimento das plantas são variáveis, conforme as mudanças no gradiente, delimitando a disponibilidade de recursos chave para a manutenção das espécies (LIANG et al., 2006). Essas complexas relações dos fatores abióticos podem ser compreendidos em escala temporal e espacial, e os gradientes altitudinais constituem-se locais cujas as variações dos estímulos bióticos e abióticos podem ser compreendido tanto em nível de indivíduo como de população dentro de um ambiente.

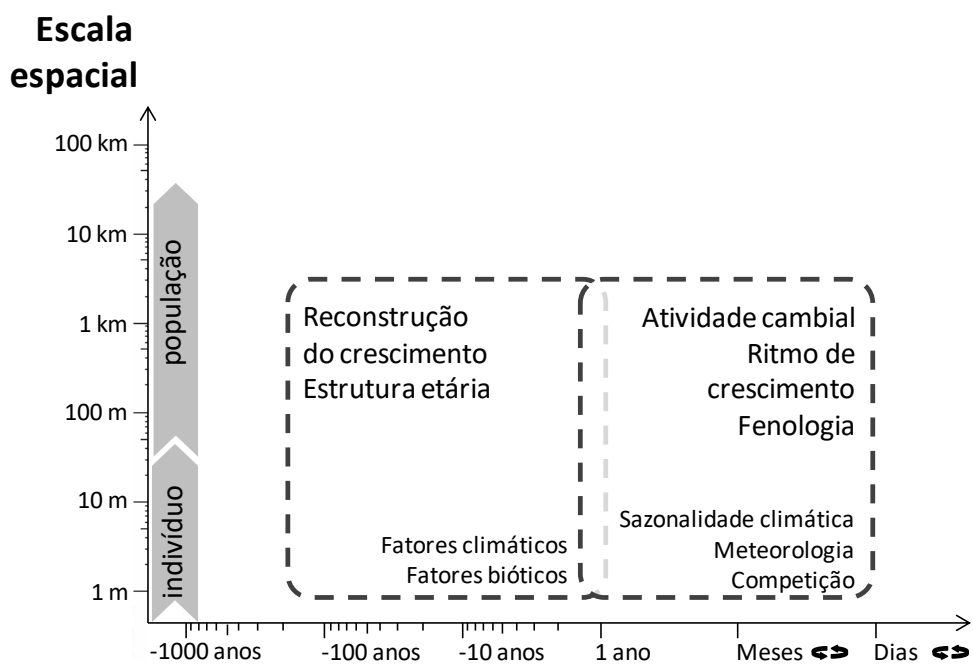
Os gradientes altitudinais constituem espaços geográficos pequenos nos quais as variações abióticas que ocorrem neste ambiente assemelham-se às condições encontradas em variações em gradientes latitudinais, assim temperatura, umidade, pressão atmosférica, radiação, etc (SUNDQVIST; SANDERS, WARDLE, 2013). Portanto as respostas das plantas à elevação, afeta a estrutura das comunidades e tem efeitos na composição das espécies, pois as variáveis podem assumir diferentes valores ao longo do gradiente produzindo respostas diretas das plantas. Ademais, a mudanças de valores das variáveis nos gradientes altitudinais se

dá em menor espaço e de forma mais rápida do que as mudanças em baixas elevações (PARMESAN; YOHE, 2003; SUNDQVIST; SANDERS, WARDLE, 2013; MRI, 2015).

As projeções acerca das condições climáticas (VALVERDE; MARENGO, 2010) favorecem portanto as espécies latifoliadas em detrimento das coníferas, direcionando-as a ocuparem ambientes considerados menos favoráveis como as áreas elevadas, de baixas temperaturas e no geral mais secas (SUNDQVIST; SANDERS, WARDLE, 2013; KLAUBERG et al., 2010). Cenários assim, são encontrados em regiões montanhosas, compondo áreas mais sensíveis à alterações no clima, como a região da Serra da Mantiqueira, o limite norte de ocorrência da *A. angustifolia* no Brasil (SILVEIRA; WREGGE, 2007). Perante o panorama da manutenção dos ecossistemas em decorrência das mudanças climáticas em andamento é que se realizou este estudo, de modo a verificar o comportamento de crescimento da Araucária, evidenciando a tendência da espécie ao confinamento em áreas mais elevadas.

Portanto buscou-se neste estudo verificar as respostas do crescimento e da fenologia reprodutiva da *Araucaria angustifolia* em decorrência das variações de determinados fatores ambientais em um gradiente de altitude (FIGURA 1).

Figura 1- Representação gráfica do escopo da tese, com representação das escalas espaço-temporais abordadas.



Fonte: Do autor, 2017.

Escala temporal

O gradiente altitudinal nos permite obter informações em diferentes escalas temporais porém em um menor espaço geográfico. A escala de crescimento pode ser verificada em diferentes dimensões, como o incremento em biomassa, que pode ser verificado com o aumento do diâmetro, como também da altura, volume, e da área basal. O aumento do volume pode ser visto com o incremento de novas estruturas, que é determinado como alongamento linear que resulta da atividade meristemática (HUSCH et al., 1982; PRODAN et al., 1997; MARTINKOSKI; VOGEL; JADOSKI, 2015).

A atividade meristemática do caule, promove o aumento em espessura deste pelo fato de promover o crescimento, com o aumento do tamanho e desenvolvimento com a mudança irreversível da forma das estruturas. O crescimento das estruturas com aumento de volume, pode ser mensurado em diferentes escalas temporais a depender da estrutura analisada, como a espessura do caule que pode ser modificada em um dia. Desta forma, o crescimento da planta pode ser medido em uma escala temporal menor enquanto em uma maior escala temporal ocorre pode se mensurar o desenvolvimento da planta, no decorrer de meses e anos (MARTINKOSKI; VOGEL; JADOSKI, 2015). A interação dos fatores externos e internos que promovem o crescimento das plantas fica registrado nas estruturas vegetais que foram alongadas, permitindo verificar o quanto que a espécie cresceu, até mesmo determinar o período do evento que promoveu o alongamento de determinada estrutura e por qual período de tempo. Essas avaliações podem ser verificada para um único indivíduo como também para uma área de floresta (MACHADO FILHO, 1983; MARTINKOSKI; VOGEL; JADOSKI, 2015).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Estudar as respostas do crescimento e da fenologia reprodutiva da *Araucaria angustifolia* em decorrência das variações de determinados fatores ambientais em um gradiente de altitude (Figura 1).

2.2 Objetivos específicos

- Reconstruir o crescimento de indivíduos de *A. angustifolia* por meio do estudo dos anéis de crescimento anuais;

- Verificar se ocorre variação das taxas de crescimento ao longo da altitude;
- Verificar a variação dos períodos de atividade e dormência cambial ao longo do gradiente de altitude;
- Comparar as trajetórias de crescimento de uma população de *A. angustifolia* ao longo de um gradiente altitudinal;
- Verificar a variação e sincronismo entre as fenofases da *Araucaria angustifolia* e a atividade cambial.

Espera-se desta forma, entender as fases de crescimento e reprodução da espécie em detrimento de determinadas condições microclimáticas, determinando assim, se a *A. angustifolia* nas condições ambientais encontradas na Serra da Mantiqueira tendem a permanecer confinadas nas áreas de maior elevação.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Fatores relacionados ao crescimento

O crescimento das plantas, é uma resposta integrativa dos fatores ambientais bióticos, abióticos e das condições genéticas pré-estabelecidas. A planta como um indivíduo orgânico tem o crescimento compreendido em escala macro como o alongamento de raízes, caules, ramos e folhas, com o conseqüente aumento de biomassa, tamanho, volume e forma (LARCHER, 2004).

O crescimento, portanto, é resultante de diferentes processos fisiológicos (fotossíntese, respiração, nutrição mineral, balanço hídrico e transporte a longa distância) que ocorrem em resposta aos estímulos ambientais aos quais as plantas são expostas. Ressaltando-se que as prévias condições genéticas de cada indivíduo, interagem com os estímulos de modo a determinar o desencadeamento para os processos que incidirão no crescimento e desenvolvimento (MARTINKOSKI; VOGEL; JADOSKI, 2015; ZANON; FINGER, 2010; LACHER, 2004).

As respostas da Araucária às modificações das condições ambientais no decorrer de milhares de anos, foram determinantes para o estabelecimento da espécie no hemisfério Sul, estabelecendo parâmetros de crescimento e padrões sobre o comportamento ecofisiológico da Araucária (BACKES, 2002;2009). A Araucária pode se estabelecer em regiões com altitudes de 200 a 500m, como também se estabelecem acima dos 1600 m de altitude, as condições de

sítios variam entre estes ambientes, principalmente quanto aos fatores edáficos. Em ambientes de florestas subtropicais como parte da Floresta Atlântica os dois principais fatores relacionados ao crescimento das plantas são a temperatura e precipitação, e em ambientes de elevadas altitudes, estes fatores provocam respostas contrastantes à limitação de nutrientes para as plantas, pois enquanto a temperatura diminui com a elevação o mesmo não ocorre à precipitação (SUNDQVIST; SANDERS, WARDLE, 2013; OLIVEIRA et al, 2009).

Nos ambientes característicos de Florestas com Araucária sob clima do tipo Cfa ou Cwb a precipitação média anual é entorno de 1200 a 2500mm, com distribuição regular, enquanto as temperaturas médias ficam em torno de 18 a 25°C, apresentando verões com temperaturas amenas enquanto os inverno podem ter temperaturas abaixo dos 10° C (MARTINKOSKI; VOGEL; JADOSKI, 2015; ZANON; FINGER, 2010). Portanto, mesmo que os remanescentes naturais de Araucária ocorram em diferentes posições geográficas, as principais variáveis climáticas que interferem no seu crescimento apresentam padrões significativamente semelhantes (BACKS, 2009).

Os ambientes onde a Araucária é presente não apresentam épocas de seca ou estiagem total, a umidade é caracteristicamente elevada e nas regiões de montanha, esta é uma constante, pois em elevadas altitudes de florestas subtropical, a incidência de nevoeiros (névoas ou neblinas) são frequentes (POMPEU et al., 2014; OLIVEIRA-FILHO; FONTES,2000). As araucárias são coníferas arbóreas capazes de absorver a água da neblina através das folhas e direcionar o fluxo para o solo (CASSANA; DILLEMURG, 2012). Por outro lado, a pouca profundidade do solo e do lençol freático em ambientes elevados, podem inibir o crescimento diamétrico (SOLIVERS; MAESTRE, 2014; CARVALHO, 1994).

Entre os fatores que variam com a altitude está o solo, que afeta diretamente o desenvolvimento das raízes, bem como a nutrição e manutenção da espécie. A altitude influi na profundidade do solo, sendo encontrado solos mais rasos em maiores altitudes o que por sua vez influencia na fertilidade deste. Em média a raiz pivotante de coníferas pode atingir até os 2,5 m (VLIET, 1958), no entanto, sítios que apresentam solos desfavoráveis estimulam o desenvolvimento de longas raízes adventícias e superficiais para capturas dos nutrientes nas camadas mais rasas (SILVA et al., 2001). Nestas condições de sítios, o ritmo de crescimento da Araucária é lento, o que por sua vez, sensibiliza a espécie à ocorrência de “secas” no inverno. Além de, nestes ambientes haver um lento processo de ciclagem, com baixas taxas de decomposição dos nutrientes, contribuindo para menor aporte de nutrientes disponíveis no solo, provendo um incremento lento para Araucária (KLAUBERG, et al., 2010; BACKES, 2009).

Quanto ao tipo de solo, a Araucária é uma espécie capaz de ocupar diferentes tipos de solo quanto à profundidade e à disponibilidade de nutrientes, dentre eles Latossolos, Cambissolos e Neossolos Litólicos que são caracteristicamente ácidos, no entanto, como qualquer outra espécie vegetal, a Araucária se desenvolve melhor em solos mais profundos Benites et al., (2003).

Na região da Serra da Mantiqueira os solos são originados de rochas ígneas nas regiões de menor altitude enquanto em regiões mais elevadas do complexo da Mantiqueira, os solos são tipicamente Cambissolos Háplicos e Cambissolos Húmicos, rasos, poucos férteis (MACHADO FILHO et al., 1983; SILVA et al., 2001) e com alto teor de alumínio complexado. Os solos nas regiões de vertentes mais baixas são mais espessos e do tipo Latossolo Vermelho-amarelo distrófico (BENITES et al., 2003).

Outro fator ambiental abiótico que influi no processos fisiológicos relacionados crescimento é a pressão atmosférica, que juntamente com a umidade determinam a evapotranspiração e atingem diretamente a capacidade das plantas em realizar o processo de fotossíntese, chave do metabolismo envolvido no crescimento (MARTINKOSKI; VOGEL; JADOSKI, 2015; ZANON; FINGER, 2010). Com elevação da altitude a pressão diminui e sob estas condições as plantas com sistema de transporte vascular por meio de vasos condutores podem sofrer facilmente com a cavitação. No entanto, espécies de gimnospermas como a Araucária contornam mais facilmente este processo do que espécies de angiospermas. As espécies de gimnospermas possuem um sistema de transporte composto por traqueídes e não vasos (SAWADA; AIBA, S-I; KITAYAMA, 2016; CASSANA et al., 2012; BECKER, 2000), e os traqueídes são células de condução mais eficientes à passagem de água do que os vasos. Concomitante à elevação altitudinal, ao declínio da pressão e temperatura há o aumento da radiação recebida, uma vez que os raios solares podem incidir diretamente sobre as plantas pois há menor densidade de nuvens, enquanto há menor densidade de plantas, com tudo isso pode-se ter aumento do processo de evapotranspiração, por conseguinte afetando o crescimento das plantas (HAMILTON et al., 1993).

3.2 Respostas de crescimento

Como as plantas respondem às condições do ambiente externo, elas são sensíveis às alterações deste, quer sejam do tipo bióticas ou abióticas (FRITTS, 1976) e respondem com o desencadeamento de processos fisiológicos que podem ocasionar o crescimento, quando ocorrem modificações benéficas ou a redução do crescimento se as condições forem piores.

Baseados nesse princípio, muitos estudos abordam o incremento radial das árvores como fonte de dados dos acontecimentos ecológicos de longo prazo que ficam registrados no lenho das árvores, através da atividade do câmbio vascular (OLIVEIRA et al., 2009).

A atividade cambial é responsável pela formação do sistemas secundários de transporte, floema e xilema secundário que resultam no incremento radial ou crescimento em espessura do caule. A resultante das respostas às condições ambientais será incorporado na anatomia dos vasos enquanto a árvore se desenvolve, produzindo as distinções anatômicas entre lenho inicial e tardio no período de um ano, formando assim o anel de crescimento anual das árvores (FRITTS, 1976). A formação dos anéis é um processo único de cada indivíduo, pois devido às condições genéticas das plantas, diferenças nas respostas ao ambiente serão impressas na formação dos anéis, que constituem o crescimento ao longo de toda a vida da planta.

A variação na espessura de cada anel é em decorrência dos fatores que afetaram o crescimento do indivíduo nas diferentes fases de desenvolvimento, da planta jovem à adulta (ZANON; FINGER, 2010). Os anéis de crescimento, os círculos contíguos em torno da medula formados pelo xilema, constituem importante ferramenta para se estudar os fenômenos climáticos e as relações que envolve a ecologia e dinâmica populacional (FRITTS, 1976; OLIVEIRA et al., 2009), imprimindo aos anéis a característica de padrões temporais.

O conhecimento acerca das árvores serem capazes de produzir anéis em seu lenho como resposta às condições ambientais data do século XVI com estudos iniciais de Leonardo da Vinci. Contudo, a consolidação dos anéis como ferramenta para averiguar a idade das plantas e identificar relações entre clima e crescimento ocorreu somente no século XX, com as observações de Andrew Douglas, estabelecendo a Dendrocronologia como uma ciência (FRITTS 1976; MEDEIROS, 2005).

A partir da identificação dos anéis em lenhosas uma gama de estudos sobre reconstrução climática foi desenvolvido nas regiões temperadas, onde as estações distintas propiciam a formação de anéis bem definidos, retratando o período de crescimento (estação de crescimento- estação de temperaturas elevadas) e estação em que o crescimento cessa (estação de frio) facilitando a compreensão dos efeitos climáticos e a datação dos anéis (WORBES, 2002).

A distinção de fatores ambientais determina as épocas de crescimento e de interrupção do crescimento, por isso prevaleceu durante algum tempo a ideia de que trabalhar com anéis de crescimento nos trópicos seria inviável. Essa ideia originou-se da ausência de estações bem definidas na região, o que permitiria às árvores um crescimento ininterrupto (WORBES, 2002).

Porém, muitos estudos foram desenvolvidos na região próxima à linha do Equador, verificando que as estações de crescimento das plantas com formação de anéis de crescimento,

podem ser determinadas pelo alagamento temporário de rios, estresse hídrico, períodos de precipitação, cheias em florestas. No entanto, nos trópicos as espécies arbóreas apresentam maior quantidade de falsos anéis, duplos ou anéis incompletos originados de eventos esporádicos que interferem no crescimento (BOTOSSO; MATTOS, 2002) o que torna mais complexa a análise dos anéis (OLIVEIRA, 2007). Mesmo diante da complexidade de análise dos anéis, os estudos dendrocronológicos nos trópicos tornou-se uma ferramenta amplamente empregada para estudos além da reconstrução e previsão climática, sendo utilizada em estudos acerca do manejo florestal bem como no entendimento do crescimento vegetal e das relações ecológicas (WORBES, 2002).

O estudo de anéis de crescimento nos trópicos é complexo em virtude da necessidade de estudos prévios para determinar as espécies que apresentam periodicidade de crescimento definidas (ZANON; FINGER, 2010). Das espécies encontradas nos trópicos as gimnospermas ou coníferas apresentam em sua maioria anéis mais distintos anuais marcados pelo lenho inicial e tardio, enquanto as angiospermas apresentam maior complexidade nos anéis, que pode decorrer das fases fenológicas, genética e das condições do ambiente (TOMAZELLO FILHO et al., 2000).

A formação dos anéis é dada pelo acréscimo de camadas de células justapostas de forma periódica, estruturando o lenho. A formação destas células é devido a atividade periódica do câmbio vascular que também responde às condições a que o indivíduo é sujeito. Desse modo, sua maior atividade se dá nos períodos favoráveis ao crescimento. Nas regiões dos trópicos, a estação seca e desfavorável induz o câmbio à cessar sua atividade, entrando em dormência (BOTOSSO; MATTOS, 2002; TOMAZELLO FILHO, 2000). A fase de dormência marca o lenho inicial e o lenho tardio é formado quando o crescimento é retomado na próxima estação de crescimento.

Em *A. angustifolia* os anéis de crescimento são delimitados anatomicamente por uma camada delgada de lenho tardio, com traqueídes achatados, cujas paredes celulares são grossas. Os anéis são formados anualmente, fato devidamente comprovado com o uso de radioisótopos (CATTANEO et al., 2013; LISI et al., 2008; 1999;1998; OLIVEIRA et al., 2009) bem como a realização de estudos abordando a atividade cambial em *A. angustifolia* (OLIVEIRA et al., 2009) comprovaram a existência da atividade intra-anual do câmbio na formação dos anéis de crescimento para a espécie.

A dendroecologia, ramo da dendrocronologia visa a reconstrução e entendimento das relações ecológicas e ambientais através dos registros nos anéis. Além da análise dos anéis, diversos estudos em arbóreas utilizam-se de medições do incremento radial através do uso de

cintas dendrométricas (KEELAND; YOUNG, 2012). O uso de bandas dendrométricas permite essa avaliação contínua por meio de micro-medições a médio ou longo prazo, obtendo-se de forma indireta o ritmo de crescimento da planta, determinando o ritmo da atividade do câmbio e a relação com os fatores climáticos, de modo a obter a taxa de crescimento do caule (ZANON; FINGER, 2010).

As bandas ou cintas dendrométricas provê um bom ajuste ao tronco, em material inoxidável como aço ou fibras sintéticas, fixadas permanentemente ao entorno do caule. As cintas podem ser manufaturadas ou industriais, as manufaturadas são feitas com o uso de uma fita de aço inoxidável graduadas ou não, permitindo ao pesquisador obter variados tamanhos de acordo com o tronco das árvores de interesse. Para serem fixas ao tronco e ao mesmo tempo se moverem com o aumento radial as bandas dendrométricas são atadas por uma mola espiral, que irá se distender ou retraindo a depender da resposta do tronco às condições do ambiente, que pode ser de expansão quando há crescimento ou de retração quando há o decréscimo, provocado pelo “encolhimento” do tronco devido à perda de água intracelular (CARVALHO; FELFILI, 2011).

O uso de bandas dendrométricas são confiáveis, pois a oscilação das cintas refletem a oscilação da extensão e retração do tronco, obtendo-se medidas do crescimento em microescala, além de ser uma forma de medida não invasiva e que permite o registro de incremento intra-anual das árvores, podendo ser facilmente ajustadas para acompanhar o incremento até mesmo diário (CANETTI et al., 2014; WORBES, 2002). E ao comparar os resultados de incremento com dados climáticos do local das medições, é possível traçar o ritmo de crescimento da árvore, assim como é possível verificar períodos de atividade e de dormência cambial em acordo com observações de processos fisiológicos como, períodos de deiscência das folhas em espécies caducifólias ou cessamento do incremento quando em períodos de seca (ZANON; FINGER, 2010; WORBES, 2002).

Diversos estudos foram realizados com o uso de cintas dendrométricas (BOTOSSO; MATTOS, 2002; SILVA et al., 2002; WORBES, 2002) para averiguar o ritmo e a periodicidade de crescimento do tronco de espécies arbóreas tropicais, para a obtenção do balanço de carbono e da dinâmica vegetacional e até mesmo para a elaboração de inventários florestais (LÓPEZ, 2003). Estudos com uso de bandas dendrométricas para espécies do gênero *Araucaria* foram realizados. Avaliou-se o incremento radial de *Araucaria cunninghamii* na região da Austrália, obtendo-se por meio das cintas, o melhor modelo de incremento para esta espécie. Para *Araucaria angustifolia*, Figueiredo Filho et al., (2008) abordaram as bandas dendrométricas, encontrando alta correlação entre o incremento e a temperatura média do ar, enquanto nos

estudos de Zanon e Finger (2010) encontraram alta correlação além da temperatura, do incremento com a precipitação.

As medidas em micro-escalas derivadas de cinta dendrométricas e dos anéis de crescimento, permitem em conjunto avaliar o crescimento das árvores resultantes dos processos ecológicos aos quais foram submetidos no decorrer do tempo. Essas medidas fornecem séries temporais curtas de incremento em respostas as condições e modificações climáticas em variada escala temporal (BOTOSSO; MATTOS, 2002; TOMAZELLO FILHO, 2000).

3.3 Aspectos fenológicos reprodutivos de *A. angustifolia*

Considerando o todo, os remanescentes de Floresta com Araucária ocorre em uma ampla área geográfica, mesmo que de formas descontínuas na região sul e sudeste do Brasil. Em decorrência desse fato, o esperado é que os povoamentos de Araucária apresentem diferenças em sua fenologia reprodutiva antecipando ou atrasando a produção de estróbilos (MANTOVANI et al., 2004).

O ciclo reprodutivo é um processo que depende de fatores endógenos, como também responde às alterações ambientais de modo que as épocas de polinização e dispersão pode diferenciar-se entre as populações (SOLÓRZANO FILHO 2001). Das condições inerentes aos indivíduos, a idade das árvores é um fator que pode acentuar as diferenças entre época de fecundação e formação das sementes, principalmente devido às diferenças decorrentes da latitude. Por isso é comum a diferença na idade com que os indivíduos entram em época de reprodução, o que pode ser desencadeado pelas condições climáticas como pelas condições de adensamento populacional e competição populacional (MARTINKOSKI; VOGEL; JADOSKI, 2015).

As Araucárias ocorrem predominantemente em forma dioica, com raros indivíduos monoicos. Os indivíduos dioicos apresentam dimorfismo, ocorrendo majoritariamente indivíduos do sexo masculino, independente de ocorrerem em habitat natural ou em áreas de plantios (MANTOVANI et al., 2004). A eventualidade de indivíduos monoicos é atribuído ao fato dos indivíduos serem encontrados sob condições ambientais extremas (STEFENON et al., 2006). O dimorfismo da Araucária pode ser visto na diferença de tamanhos das estruturas reprodutiva denominadas de estróbilos que em Araucárias do sexo masculino são androstróbilos, estrutura de formato cilíndrico, constituídos por escamas, que produzirá os micrósporos, os grãos de pólen, enquanto estróbilos do sexo feminino são chamados de ginostrobilos possuem esporângios ou óvulo que produzirá o megásporos que permanece retido

no esporângio, popularmente conhecidos por pinha, no interior dos megásporos se desenvolve no arquegônio, que produz as oosferas.

Por meio de polinização anemocórica, há a deposição do grão de pólen na abertura da micrópila do estróbilo feminino. A adesão do grão de pólen ao óvulo pode ser favorecido pelas gotículas de chuva, no entanto quando há chuvas em excesso na época da polinização, as chuvas podem levar à perda do processo de polinização (ECROYD, 1982). Após, a fecundação, o óvulo se converterá na semente que contém o embrião e o endosperma, o popular pinhão. Anteriormente ao processo da polinização e fecundação, há o processo de formação das estruturas gaméticas, que demanda longo período de formação e amadurecimento até a liberação do grão de pólen. Em função do tempo demandado para a formação destas estruturas é que se tem um longo ciclo reprodutivo para a espécie (SOUZA; HATTEMER, 2003).

Nas *A. angustifolia* é comum após a fecundação, os ginostrobilos apresentarem na superfície faveolada 3 tipos de escamas, ou folhas modificadas para a reprodução, que ali ficam inseridas. As escamas que foram fecundadas ou os pinhões propriamente ditos, são os diásporos que apresentam endosperma e o embrião que consiste na semente da Araucária. As escamas que não foram fecundadas, consistem nas escamas falhadas que são brácteas escamiformes estéreis, com forma de cunha e que se prendem ao eixo central da pinha pela base. Os pinhões chochos são as escamas fecundadas porém desprovidos de endosperma (SOUZA; HATTEMER, 2003).

As pinhas logo após a fecundação são diminutas e inicialmente ficam encobertas pelas folhas terminais dos ramos foliares, porém em estágio avançado de desenvolvimento podem apresentar em média 48,0 cm de diâmetro, ficando expostas por sobre as folhas (SOUZA; HATTEMER, 2003). Apresentam quando maduras a tonalidade marrom, assim como os androstróbilos, que podem permanecer nas árvores por longo período mesmo após a liberação dos micrósporos ou grãos de pólen (KUHN; MARIATH, 2014).

Todo o ciclo reprodutivo da Araucária, assim como em outras coníferas pode durar entre 29 a 34 meses, iniciando com a formação dos estróbilos, ginostrobilo e androstróbilo no período de elevadas temperatura e umidade. Condições encontradas durante os meses de verão, período no qual há fecundação (MANTOVANI et al., 2004) que pode demandar até 3 meses entre a liberação do grão de pólen e a penetração deste na micrópila, dependendo das condições climáticas (CARVALHO, 1994; SOLÓRZANO FILHO, 2001). Pois, se durante o processo de formação e fecundação, ocorrer um tempo de seca e baixas temperaturas, a planta estabelece um período de dormência no desenvolvimento das estruturas reprodutivas que pode durar por até três meses (CARVALHO, 1994; SOLÓRZANO FILHO, 2001).

Geralmente a polinização dos estróbilos ocorre entre setembro e outubro, enquanto a maturação de estróbilos masculinos e femininos após a fecundação pode ser variável, geralmente entre abril e junho. As diferenças na latitude e temperatura acarretam no amadurecimento precoce ou tardio, sendo que o processo de maturação pode demandar um período de até 34 meses (SOLÓRZANO FILHO, 2001).

Enquanto a polinização é do tipo anemófila, as sementes são dispersas por barocoria, com o lançamento das sementes quando maduras em torno da planta mãe por efeito da gravidade, no entanto este método é limitante considerando que as pesadas sementes não são dispersas a longa distâncias. A presença de animais dispersores é importante para que as sementes possam ser dispersas em distâncias maiores, assim após caírem ao chão as sementes podem ser dispersas por espécies de pequenos mamíferos como os roedores, camundongos (*Oligoryzomys* sp), esquilos (*Sciurus ingrami*), pacas (*Cuniculus paca*) e cotias (*Dasyprocta azarae*) que enterram as sementes para alimentar-se posteriormente em locais distantes da planta mãe, de modo que uma parte das sementes não encontradas podem vir a germinar se o embrião permanecer intacto (BORDIGNON; MONTEIRO-FILHO, 2000).

Outros animais importantes na dispersão das sementes são as aves, principalmente a gralha-azul (*Cyanocorax caeruleus*) e a gralha de topete negro (*Cyanocorax chrysops*) os principais dispersores de Araucária, as galhas ao tentar mover ou consumir as sementes eventualmente deixam parte delas caírem promovendo a dispersão (SOLÓRZANO FILHO, 2001). Ao contrário dos animais dispersores há também os que atuam como predadores, como os javalis (*Sus scrofa*) e queixadas (*Tayassu pecari*), animais de maior porte que podem ser presentes nas Matas com Araucária, alimentam-se das sementes e ao consumir algumas sementes acabam por preda-las (BORDIGNON; MONTEIRO-FILHO, 2000). Em estudo realizado em florestas com *Araucaria araucana*, na Argentina, identificou-se que os porcos selvagens diminuem a disponibilidade de sementes para pequenos roedores e agentes dispersores, impactando na dispersão e regeneração da Araucária (MEIRELES; SHEPHERD; KINOSHITA, 2008).

As sementes ou pinhões de Araucária são importantes como fonte nutricional principalmente em decorrência da sua liberação ocorrer na época de seca e frio, quando os demais recursos estão escassos. No entanto, apresentam baixa longevidade e não formam bancos de germoplasma o que desfavorece a dispersão da espécie. Dessa forma, se as sementes enterradas pelos agentes dispersores não estiverem sob condições propícias à sua germinação imediatamente à sua dispersão, fica reduzida as chances de novas plântulas (BORDIGNON; MONTEIRO-FILHO, 2000; RIBEIRO; METZGER; MARTENSEN; 2009).

Não somente os animais consomem as sementes, mas também a população local, que coleta as sementes para consumo como para comercializá-las. Porém, a busca por coletas antecipadas como previsão de lucro financeiro, acaba por promover a retirada das pinhas antes mesmo de seu amadurecimento, diminuindo o número de pinhões que virão a ser dispersos interferindo no recrutamento de indivíduos para a população de Araucária como também comprometem o sustento das populações silvestre (ANSELMINI; ZANETTE, BONA, 2006).

3.4 Competição no incremento radial de *A. angustifolia*

O crescimento da árvore resulta da interação entre condições genéticas e condições ambientais ao qual está exposta. Os fatores ambientais abióticos aos quais os indivíduos estão expostos atuarão em conjunto sob o crescimento da planta, regendo ganho e perda de biomassa do indivíduo (ZANON e FINGER, 2010; LARCHER, 2004). Adicionalmente, aos fatores abióticos devem ser considerados os fatores bióticos, como a influência que determinado indivíduo exerce sobre o outro (RICKLEFS, 2007). Das relações que as Araucárias estabelecem, os troncos da espécie pode servir como sustentação para diversas espécies de epífitas vasculares, fungos e líquens. Estas relações são mantidas pelo fato das populações de Araucária serem presentes em locais de elevada umidade e temperaturas amenas.

Desta forma, quando os recursos ofertados pelo meio, necessários ao crescimento dos indivíduos não são suficientes para suprir a demanda para o desenvolvimento, as inter-relações que se dão são negativas, caso da competição (CUNHA; FINGER, 2013; RICKLEFS, 2007). O processo de competição pode levar à redução do *fitness* do indivíduo e da população, quando é severa pode ocasionar a extinção da espécie devido ao processo de seleção natural.

A relação de competição influencia no desenvolvimento das árvores uma vez que pode tornar menos disponível os principais recursos que são limitantes ao seu crescimento, pois são os recursos envolvidos diretamente nos processos de crescimento (NOCK; METCALFE; HIETZ et al., 2016). Entre as árvores, a competição intra ou interespecífica pode resultar em um crescimento menor em decorrência da competição entre vizinhas por água em períodos de seca e por luz nos períodos de elevada umidade (NOCK; METCALFE; HIETZ, 2016). O resultado da capacidade competitiva no decorrer de anos, pode levar à diferentes estratégias adotadas pelas árvores que pode ser visto na maior velocidade de emergência, na rápida formação do dossel, crescimento rápido em raízes e em um longo ciclo de vida (CUNHA; FINGER, 2013).

A competição pode se dar acima e também abaixo do solo, e ocorre por nutrientes e por luz principalmente. Nestes ambientes com maior competição por nutrientes, o incremento em altura e diâmetro são prejudicados. No entanto, quando em ambientes ricos em nutrientes, a competição se dá por luz, e as copas das árvores são bons indicadores do processo de competição, que irá refletir o processo passado de estabelecimento das plantas (CUNHA; FINGER, 2013). Abaixo do solo, a competição pode ser compreendida principalmente na área de superfície da raiz, decorrentes da zona de captação de nutrientes como o nitrogênio, principal nutriente importante fisiologicamente. Para *A. angustifolia* a competição por nitrogênio pode ser menor uma vez que apresenta em suas raízes, bactérias que lhe conferem maior assimilação desse nutriente (NUTTO; WATZALAWICK, 2002).

A competição, em sua forma mais ampla, é dada pela competição por espaço, em que grupos de plantas (de mesma ou de diferentes espécies) ocupam o mesmo espaço, e pode determinar a competição por todos os outros fatores abióticos, acentuando-se a competição por luz e nutrientes. Assim, para avaliar o efeito da competição no incremento das árvores, foram desenvolvidos diferentes índices (LORIMER, 1983). Ao mesmo tempo, buscou-se por modelos matemáticos para prever a concorrência no crescimento de determinadas espécies e de populações (BIGING; DOBBERTIN, 1995). Os índices e modelos matemáticos são baseados nas medidas de diâmetro, altura, diâmetro da copa das árvores objeto de estudo e das árvores vizinhas, as competidoras (NUTTO; WATZALAWICK 2002).

Os índices desenvolvidos e amplamente utilizados variam entre si, mas de modo geral relaciona a altura e diâmetro da árvore competidora e das vizinhas, e podem considerar ou não a localização das árvores vizinhas, sendo denominados respectivamente de distância-dependente e distância-independente. A maioria pondera as relações de diâmetro da copa ou do tronco, além de avaliar a altura e a idade das árvores (BIGING; DOBBERTIN, 1995). Os índices foram sendo modificados de acordo com a visão e interesse de diferentes áreas, e são empregados atualmente como ferramentas para planejamentos em áreas temperadas e tropicais (CUNHA; FINGER, 2013).

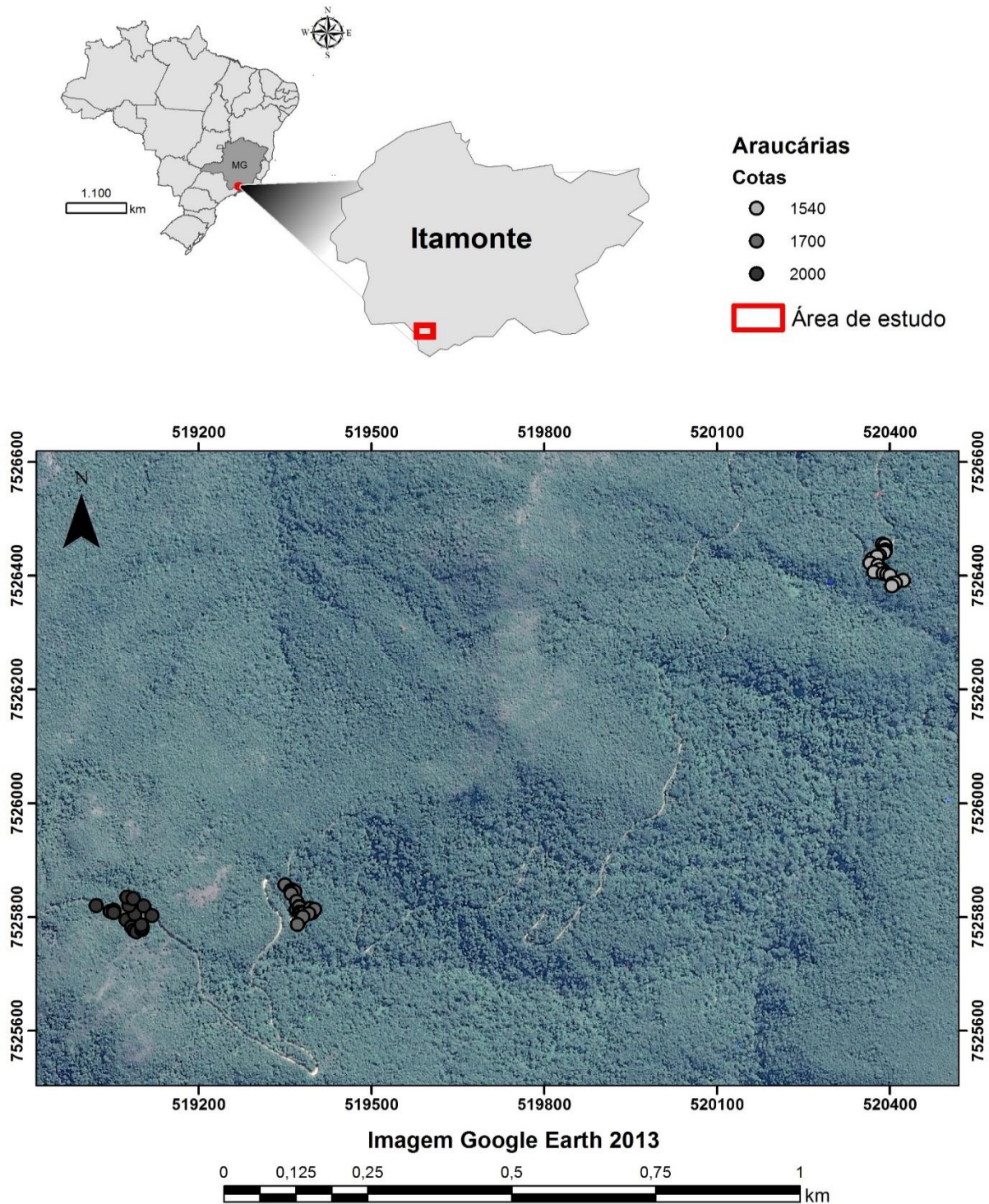
Ao utilizar os índices entende-se que os valores obtidos são um indicativo de maior ou menor concorrência por recursos, no entanto em campo, é difícil a identificação do recurso concorrido. Os índices que consideram o efeito morfométrico refletem a competição no passado que gerou a modificação das formas das árvores no presente, decorrentes por exemplo de modificações e adaptação dos processos fisiológicos. Os índices também refletem a dinâmica de crescimento das árvores e assim, apresentam o crescimento potencial para os indivíduos (CUNHA; FINGER, 2013).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de pesquisa

A pesquisa foi conduzida na área da Reserva Particular do Patrimônio Natural Alto-Montana pertencente ao Instituto Alto-Montana da Serra Fina localizada na cidade de Itamonte, na região sul do estado de Minas Gerais (FIGURA 2).

Figura 2- Localização geográfica da área de estudo com a localização das subpopulações de Araucárias na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Altomontana da Serra Fina, parte da cadeia montanhosa da Serra da Mantiqueira.



Fonte: Do autor, 2017.

A área integra a Área de Proteção Ambiental (APA) da Mantiqueira pertencendo ao complexo da Serra da Mantiqueira na porção da Mantiqueira Meridional (MACHADO FILHO, 1983), entre as coordenadas 22° 21'55"S e 44° 8'32"W, próxima à divisa do estado de Minas Gerais com os estados de São Paulo e Rio de Janeiro. A RPPN está compreendida entre altitudes que variam de 1300 a 2500 metros acima do nível do mar (SILVA et al., 2015) e apresenta clima do tipo Cwb segundo a Classificação de Köppen (ALVARES et al., 2014) apresentando até três meses secos por ano, geralmente correspondentes aos invernos frios e secos, enquanto os verões são quentes e úmidos. A média de temperatura do mês mais quente não ultrapassa os 22° C. Segundo Pane (2001) a região apresenta duas estações: de seca e chuva. A estação seca se estende do mês de maio a setembro sendo os meses de junho e julho os mais secos e a estação chuvosa ocorre entre os meses de outubro a janeiro, em que as médias de precipitação podem atingir mais de dez vezes o total dos meses mais secos (ALVARES et al., 2014; PANE, 2001).

A área de estudo é caracterizada pela presença de chuvas horizontais nos pontos de maiores altitudes devido à intensa concentração de neblina, que cobre estas áreas em grande parte do ano, sendo esta uma parte das florestas nebulares (BENITES et al., 2003).

4.2 Caracterização e delimitação da pesquisa

A pesquisa se caracterizou por avaliações mensais do incremento radial de *Araucaria angustifolia* (Bert. O) Kuntze no período de abril de 2014 a agosto de 2016. Foram selecionados ao todo 55 indivíduos ocorrentes nas três cotas altitudinais de 2000m, 1700m e 1540m de diferentes DAP (cm) à 1,30 m acima do solo. Em cada cota altitudinal foram selecionados os indivíduos que permitiam melhor acesso para realização das medidas, portanto, não foram selecionados indivíduos de mesma classe diamétrica.

4.2.1 Características ambientais

Para os dados de microclima do interior da floresta foram coletados dados de temperatura (T-°C), umidade relativa do ar (UR-%), o ponto de orvalho (°C), em cada cota altitudinal, por meio de termohigômetros RHT10 (Extechinstruments) instalados no interior de cada cota altitudinal (2000, 1700 e 1540 m) em abrigos meteorológicos. A partir desses dados calculou-se os dados de déficit de pressão de vapor (DPV-Kpa) conforme Jones (1992), expresso por meio das equações 1, 2 e 3.

$$DPV = es - ea \quad (1)$$

Em que es é a pressão de saturação de vapor e ea , pressão parcial de vapor, estimados em função da temperatura do ar através da fórmula:

$$es = 0,61078 e^{\frac{17,269Ta}{Ta+237,3}} \quad (2)$$

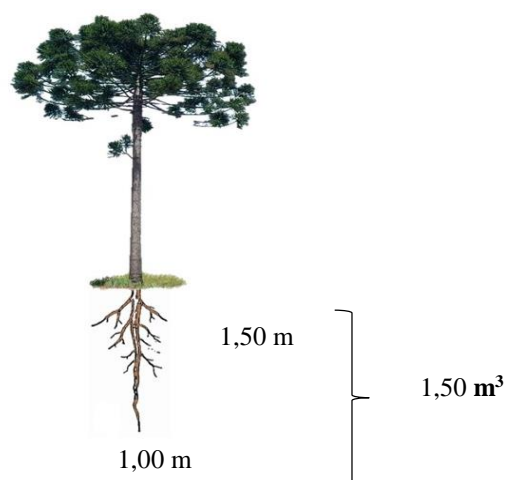
$$ea = UR \cdot \frac{es}{100} \quad (3)$$

Onde Ta é a temperatura média do ar ($^{\circ}\text{C}$) e UR umidade relativa do ar (%)

4.2.2 Capacidade de armazenamento de água no solo

O conteúdo de água no solo foi obtido por meio do cálculo de balanço hídrico climatológico (BHC) baseado na profundidade do sistema radicular de *Araucaria angustifolia* que segundo VIET, (1958) foi encontrado valores entre 2,0 m e 3,0 m. Para o cálculo considerou-se uma exploração da raiz de 1,5 m em um modelo retangular (50% de 3,0m) (Figura 3).

Figura 3- Esquema representando a Araucária e a profundidade da raiz, e a capacidade de exploração de solo, utilizado no cálculo do balanço hídrico.



Fonte: Do autor, 2017.

A umidade à capacidade de campo (Θ_{CC}) foi obtida para cada cota altitudinal, e a partir dela estimou-se a capacidade máxima de água disponível no solo (CAD). Com os dados de temperatura obtidos em cada área e precipitação pluviométrica obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), foram calculados a evapotranspiração para estimar a quantidade de água disponível no solo.

A capacidade de campo (Θ_{CC}) do solo para cada cota foi determinada a partir de três amostras de substrato coletadas a duas profundidades, de 0-15 cm e de 15-30 cm, com ajuda de cano de PVC de 3/4". As amostras foram saturadas com água, deixando que essa percolasse por completo, e em seguida foram pesadas até obter peso constante, durando 48 horas esse período. Posteriormente, foram levadas à estufa de circulação forçada a 70°C, pelo período de até 72 horas, atingindo também peso constante. Para análise do balanço hídrico climatológico, foram obtidos dados de temperatura, umidade do ar, precipitação pluviométrica, quantidade de água armazenada no solo na camada de 0-1 m gerados pela estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

4. 2.3 Análise das horas de insolação e radiação global

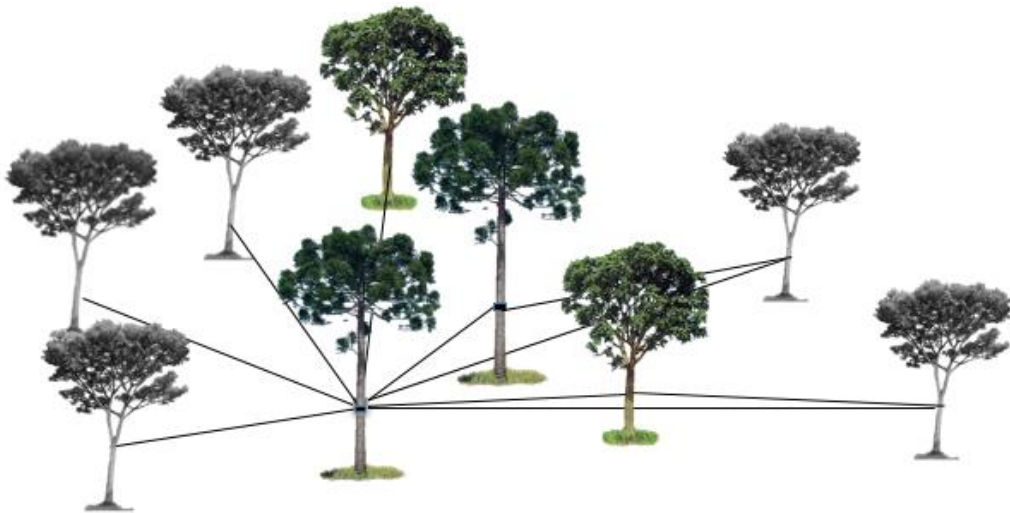
Para a elaboração dos mapas de radiação global e número de horas de radiação direta foi utilizado como entrada um modelo digital de elevação (MDE) gerado a partir interpolação das curvas de nível na escala 1:50000 disponibilizadas em formato vetorial pelo IBGE. Foi utilizada a carta de Passa Quatro, gerando um MDE com resolução espacial de 20 metros. O MDE utilizado permitiu calcular a distribuição de radiação global (RG), representada pela unidade de Wh/m² (Watts hora por metro quadrado), que significa a quantidade de radiação que incide sobre a superfície por um dado período de tempo e uma dada área na superfície. E também o número de horas de radiação direta (NH), significando quantidade de horas que uma dada superfície recebeu de insolação direta. Este método modela a RG e NH a partir das vertentes da superfície terrestre e da posição latitudinal da área analisada, desconsiderando os eventos atmosféricos e climáticos, como nuvens. Os valores de RG e NH variam de acordo com a posição da vertente e a época do ano. Áreas como topos de morro e planícies possuem uma variação menor, devido serem áreas de baixa declividade e sofrerem menos com os efeitos de sombreamento, diferentemente das áreas de alta declividade.

4.2.4 Análise da competição

Para determinar como a competição afeta o incremento radial das árvores-objetos (55 árvores marcadas e com cintas dendrométricas) foram tomados os diâmetro das árvores à altura do peito (DAP) à 1,30m acima do solo que eram maiores ou iguais a 5cm. Para isto foram tomadas as CAP (circunferência à altura do peito) à 1,30 do solo maiores do que 15,4 cm das 30 árvores ao entorno em 360°, qualquer árvore e arvoretas com o diâmetro maior do que 5 cm foram consideradas (FIGURA 4). Ao mesmo tempo objetivou-se avaliar a estrutura da população, para isto traçou-se um transecto de 40m x 100m em cada subpopulação 2000m, 1700m, 1540m. Dentro do transecto avaliou-se a presença de Araucárias e procedeu-se à medida do CAP.

Posteriormente, para avaliar a competição utilizou-se os índices de Daniels (1976) (fórmula 1) que considera a distância entre a árvore objeto e a árvore competidora, para o qual se considerou a distância entre as árvores e também foi utilizado o índice de Lorimer (1983) (fórmula 2) que independe da distância.

Figura 4- Ilustração de como foram abordadas as árvores para medições da circunferência à altura do peito (CAP) dos “vizinhos” próximos no entorno da árvore de Araucária com cinta dendrométrica para avaliação do Índice de competição.



Fonte: Do autor, 2017.

$$= \sum_{j=1}^n \left(\frac{d_j}{d_i} \times \text{Dist}_{ij} \right) \quad (1)$$

$$= \left(\frac{d_i^2}{d_j^{-2}} \right) \quad (2)$$

Onde, d_j = diâmetro à altura do peito da árvore-competidora, d_i = diâmetro à altura do peito da árvore-objeto, $dist_{ij}$ = distância da árvore objeto e competidora.

4.3 Avaliação do crescimento

Para avaliação mensal do incremento foram confeccionadas cintas dendrométricas permanentes conforme metodologia descrita por Keeland e Young (2012) e Carvalho e Felfili (2011). As cintas consistem em fitas de aço inoxidável de 15 mm de largura e 0,1 mm de espessura, que foram ajustadas ao redor do tronco da árvore à 1,30 m acima do solo e foram mantidas sob tração por uma mola de aço inoxidável (38 mm de alcance, 6,35 mm de diâmetro externo e 0,65 mm de diâmetro do arame). Após a montagem, foi realizada uma marca na fita de aço indicando o ponto inicial. Assim, à medida que o tronco se expandiu ou contraiu-se a marca se movia. Esse deslocamento da marca foi mensurado por meio de paquímetro digital com resolução de 0,01 mm. As medidas foram realizadas mensalmente dois meses após a instalação dos cintas, durante um período de 28 meses.

As cintas foram instaladas em fevereiro de 2014 (FIGURA 5) e foram avaliadas até agosto de 2016. Durante o período de avaliação ocorreram alguns problemas com as cintas, como a marca sendo encoberta pela própria cinta decorrente do deslocamento da cinta para o lado da marca inicial, também ocorreram problemas de cintas frouxas devido à irregularidade da grossa casca do tronco da araucária (FILHO et al., 2014) para correção da marca foram desconsiderados os dois meses seguintes ao ajuste.

Figura 5- Cinta dendrométrica de aço inoxidável instalada à 1,30m acima do solo nas árvores de *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze.



Fonte: Do autor, 2017.

4.3.1 Reconstrução do crescimento

Com o uso de uma sonda de Pressler (trado de incremento) foram extraídos três raios de quatro árvores em cada cota das árvores que estavam sendo avaliadas quanto à cinta dendrométrica. Os raios foram tirados dos troncos em três lados opostos ao lenho de reação. Estes foram colados em suportes de madeira, após secagem da cola, foram lixados e polidos, com lixadeira elétrica manual até possibilitarem a visualização dos anéis de crescimento.

As amostras foram submetidas ao lixamento sequencial com lixas abrasivas (40, 60, 80, 100, 120, 150, 180, 220, 600 e 800) de granulometria para manter os elementos anatômicos íntegros e garantir a melhor visibilidade dos anéis. Os raios foram examinados com auxílio de estereomicroscópio para contagem dos anéis de crescimento e medição da largura dos anéis. Foi realizada a medição das larguras dos anéis pelo Sistema de Medição LINTAB™ em conjunto com o software TSAP-Win™ no Laboratório de Dendroecologia (DCF/UFLA). Cada série individual foi ajustada a uma função não linear para que a relação entre o crescimento e o valo ajustado produzisse um índice adimensional, com média igual a 1 e sua variância estacionária.

4.4 Análise da fenologia reprodutiva

Para identificar os períodos em que o incremento era direcionado ao incremento radial ou à outras partes das árvores como as estruturas reprodutivas, foi avaliada a fenologia das Araucárias. As mesmas árvores foram identificadas quanto ao sexo sendo isto possível somente pela presença das estruturas reprodutivas (FIGURA 6).

Figura 6: Partes dos ramos de indivíduos diferentes de *A. angustifolia* evidenciando as terminações finais que mostram as estruturas reprodutivas.



Legenda: estruturas reprodutivas da Araucária, à esquerda o estróbilo masculino, androstróbilo e à direita estróbilo feminino, ginostróbilo.

Fonte: Do autor, 2017.

Para as plantas femininas a definição é facilitada pelo fato de apresentarem estróbilos em diferentes fases, enquanto as plantas masculinas somente são identificadas durante a época em que emitem os estróbilos para liberação de pólen. Além das plantas já analisadas durante todo o projeto, foram escolhidas mais indivíduos para complementar o total de 20 indivíduos por altitude.

Seguiu-se a metodologia de Fournier (1974) para proceder a avaliação fenológica, em que os indivíduos foram acompanhados no período de julho de 2015 à agosto de 2016. A presença ou ausência dos estróbilos foi anotada a partir de visualização com binóculo. Avaliou-se a frequência do evento e intensidade por atribuição de notas e percentagens de acordo com o método de Fournier (1974). As observações ocorreram mensalmente e foram realizadas coletas de três estróbilos femininos a cada dois meses, para acompanhar o desenvolvimento através das medidas do diâmetro no sentido transversal ao eixo de inserção dos estróbilos.

4.5 Análise dos dados

Foi realizada ANOVA para verificar a variância dos dados e o teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para testar a normalidade dos dados. Os valores médios de incremento radial, fenologia e microclimáticos (temperatura, umidade relativa do ar, déficit de pressão de vapor e precipitação) foram comparadas pelo teste Tukey e pelo teste de Wilcoxon-Mann-Whitney (a depender se paramétricos ou não paramétricos) a 5% de significância. Para verificar relações entre os dados de incremento com dados microclimáticos realizou-se correlações de Pearson (paramétrico) e Spearman (não paramétrico).

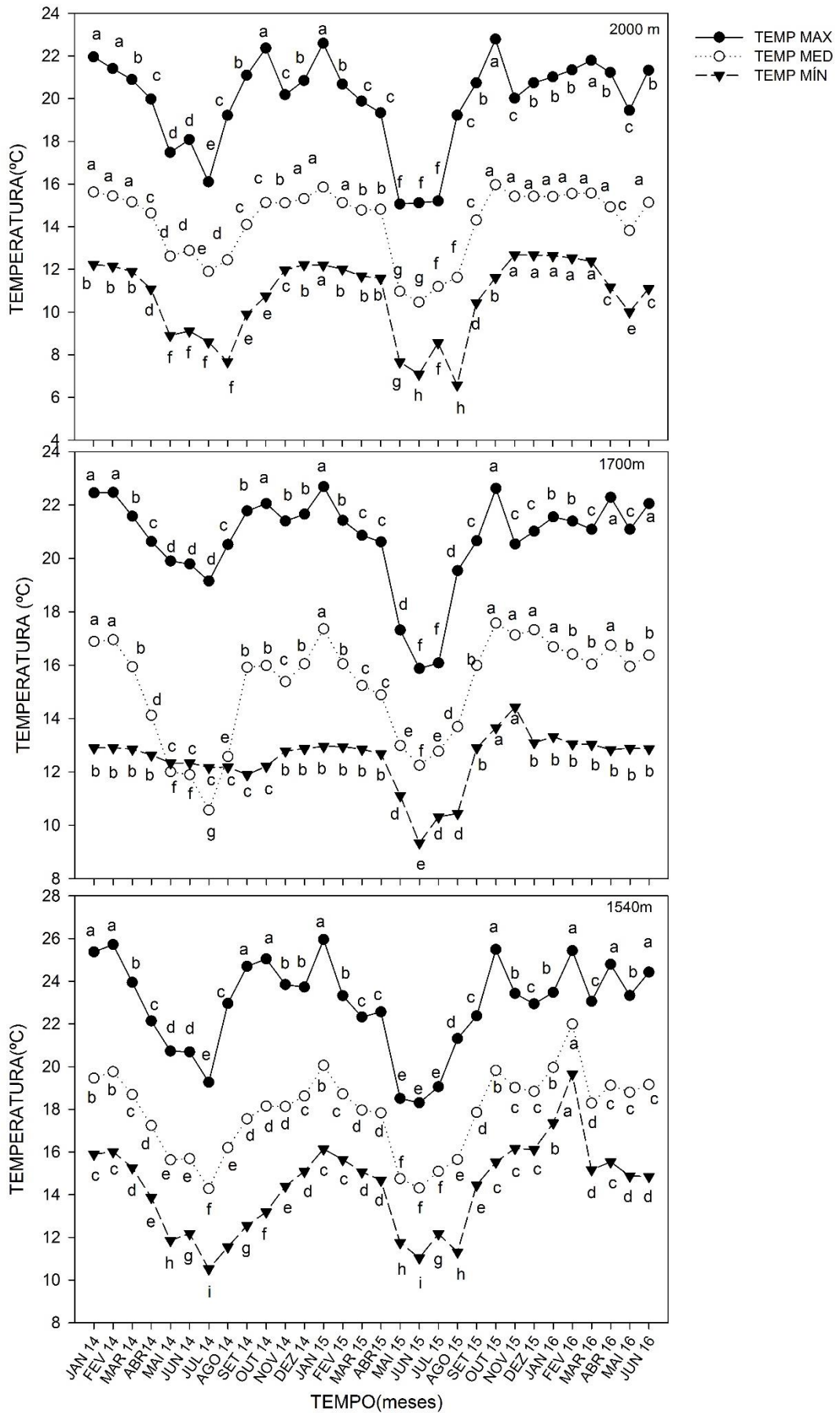
Para a análise fenológica as datas de observações foram transformadas em ângulos obtendo-se desta forma dados circulares, com os seguintes os parâmetros: ângulo médio (μ) que representa a maior intercessão dos pontos e sua conversão para data média do evento, quando significativo ($p < 0,05$); o vetor r , que é a medida da concentração de indivíduos em torno do ângulo médio (valores entre 0-1) e o limite de confiabilidade (teste de Rayleigh).

5.0 RESULTADOS

5.1 Caracterização das cotas altitudinais quanto aos fatores abióticos e bióticos

Os dados de temperatura máxima, média e mínima mostram um gradiente decrescente da cota 1540m para a cota 2000m (GRÁFICO 1):

Gráfico1- Médias de temperaturas do ar, máxima, média e mínima para as cotas do gradiente altitudinal na área de estudo.

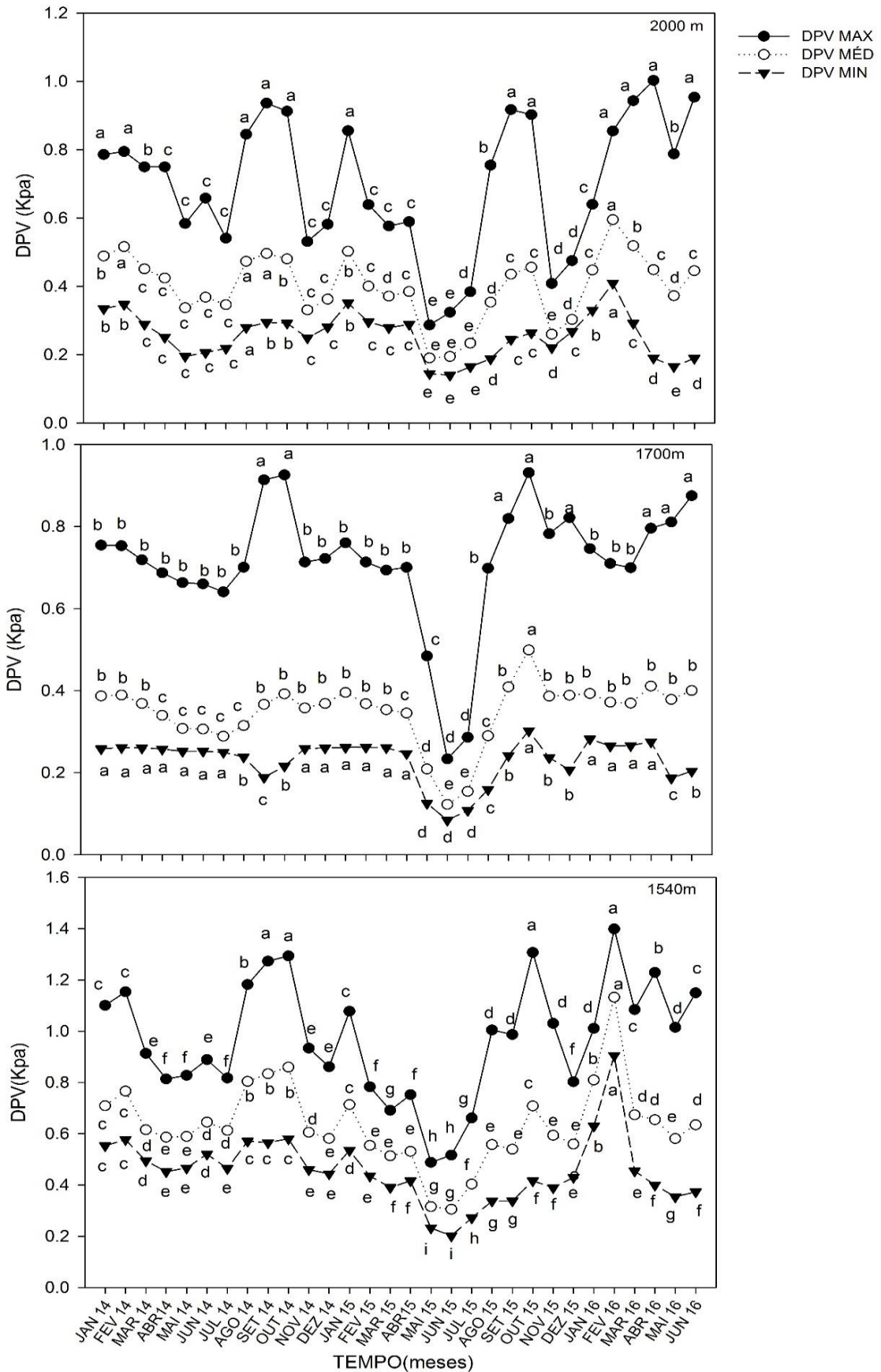


Fonte: Do autor, 2017.

Entre os anos, as maiores médias de temperatura máxima, média e mínima foram encontradas para 2016 em todas as cotas. Ao passo que no quadrimestre mais quente (NDJF) a cota de 1540m manteve as médias elevadas, na cota de 2000m observou-se as menores temperaturas, com destaque para a mínima, que foi 76,26% menor do que a temperatura mínima da cota de 1540m. Já no quadrimestre mais frio (MJJA) as temperaturas máxima, média e mínima na cota de 1540m foram maiores (84,50%, 77,86% e 69,83% respectivamente) do que a cota de 2000m. Observa-se que no quadrimestre mais frio (MJJA) a diferença na temperatura mínima entre as cotas altitudinais foi menor do que a diferença encontrada para a temperatura mínima entre as cotas no quadrimestre mais quente (NDJF). Na cota altitudinal de 1700m, as médias de temperaturas máxima, mínima e médias apresentaram-se intermediárias às médias das cotas altitudinais de 2000m e de 1540m. Em 1700 m a temperatura mínima é mais regular ao decorrer de todo período de observação, enquanto na cota de 1540m as temperaturas são mais elevadas, as temperaturas mínimas alcançam os 15 °C diferente do que ocorre às outras cotas altitudinais.

Para o DPV, maiores valores foram observados para a cota de 1540m, seguida pela cota de 2000m e pela de 1700m (Gráfico 2). No quadrimestre mais quente (NDJF) e mais frio (MJJA) os maiores valores médios de DPV máximo, médio e mínimo foram encontrados para a cota de 1540m (Gráfico 2):

Gráfico 2-Médias do Déficit de pressão de vapor (DPV) máximas, médias e mínimas mensais para as cotas altitudinais.

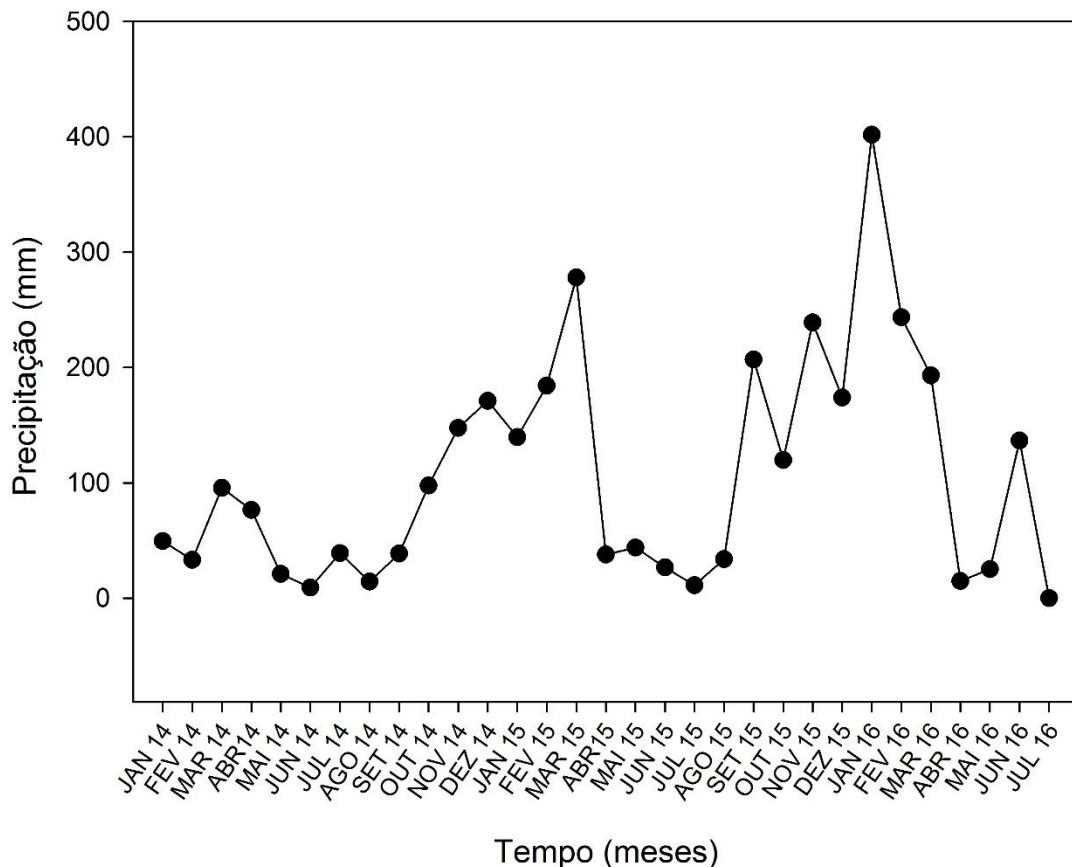


Legenda: Letras diferentes entre si representam a diferença encontrada com p<0,05.

Fonte: Do autor, 2017.

Outro fator abiótico e que influencia os períodos de incremento e de supressão do incremento é a precipitação. Não há dados para área por isso apresentou-se os dados de precipitação referentes à estação meteorológica mais próxima à área de estudo (13.9 km), na cidade de Itanhandú. A estação fica localizada à 913 m de altitude, em área sob clima do Tipo Cwb com verão chuvoso e inverno seco segundo Köppen (1979). A distribuição no período de avaliação é representada no gráfico 3 abaixo. Portanto tem-se a mesma precipitação para as três cotas altitudinais.

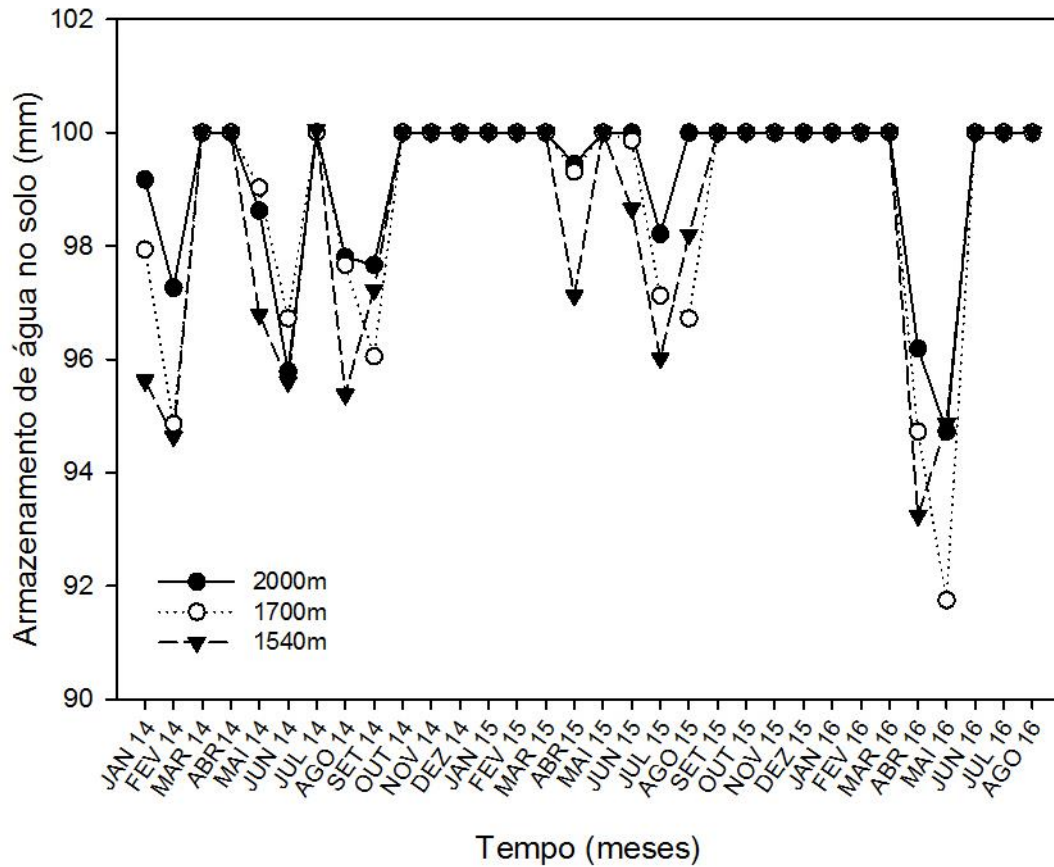
Gráfico 3- Precipitação acumulada para a cidade de Itanhandu, distante 40 km da área de estudo, nos anos de 2014, 2015 e 2016.



Fonte: Do autor, 2017.

Em relação ao conteúdo de água no solo, observou-se semelhança entre as três cotas para o período experimental (Gráfico 4). Verificou-se que não houve uma redução abaixo dos 90% da água potencialmente disponível para as plantas. Nota-se que nos meses referentes ao quadrimestre mais frio e seco, há menor armazenamento. Embora a diferença tenha sido pequena, nos meses de abril e maio de 2016, observou-se o maior déficit para as cotas altitudinais de 1540m e 1700m.

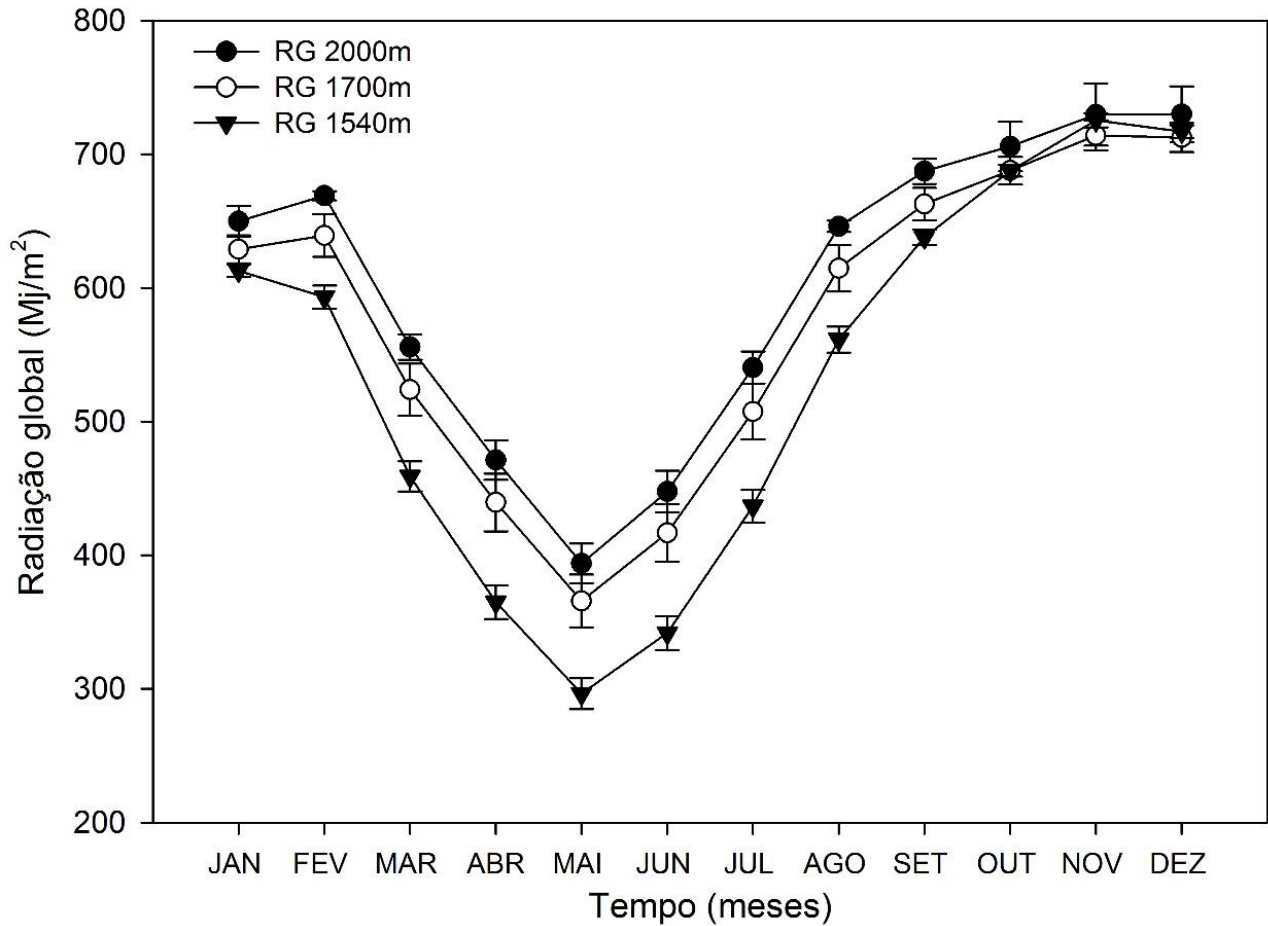
Gráfico 4-Capacidade de armazenamento de água no solo nas três cotas altitudinais na RPPN-Altomontana, na Serra da Mantiqueira em 2014, 2015 e 2016.



Fonte: Do autor, 2017.

Com a elevação da altitude tanto a radiação global quanto a insolação sofreram pequenas variações entre as cotas (GRÁFICO 5 e 6). Observou-se que não houve diferenças significativas entre as três cotas quanto à radiação global. No entanto, observa-se diferença para a radiação global entre as cotas, ocorre no quadrimestre mais frio (MJJA) para a subpopulação de 1540m que recebeu somente 50.05% da radiação recebida pela subpopulação à 2000m de altitude. Quanto às horas de insolação recebidas a cota de 2000m recebeu maior quantidade de horas 10.10% a mais que a cota de 1540m que esteve sob menor insolação.

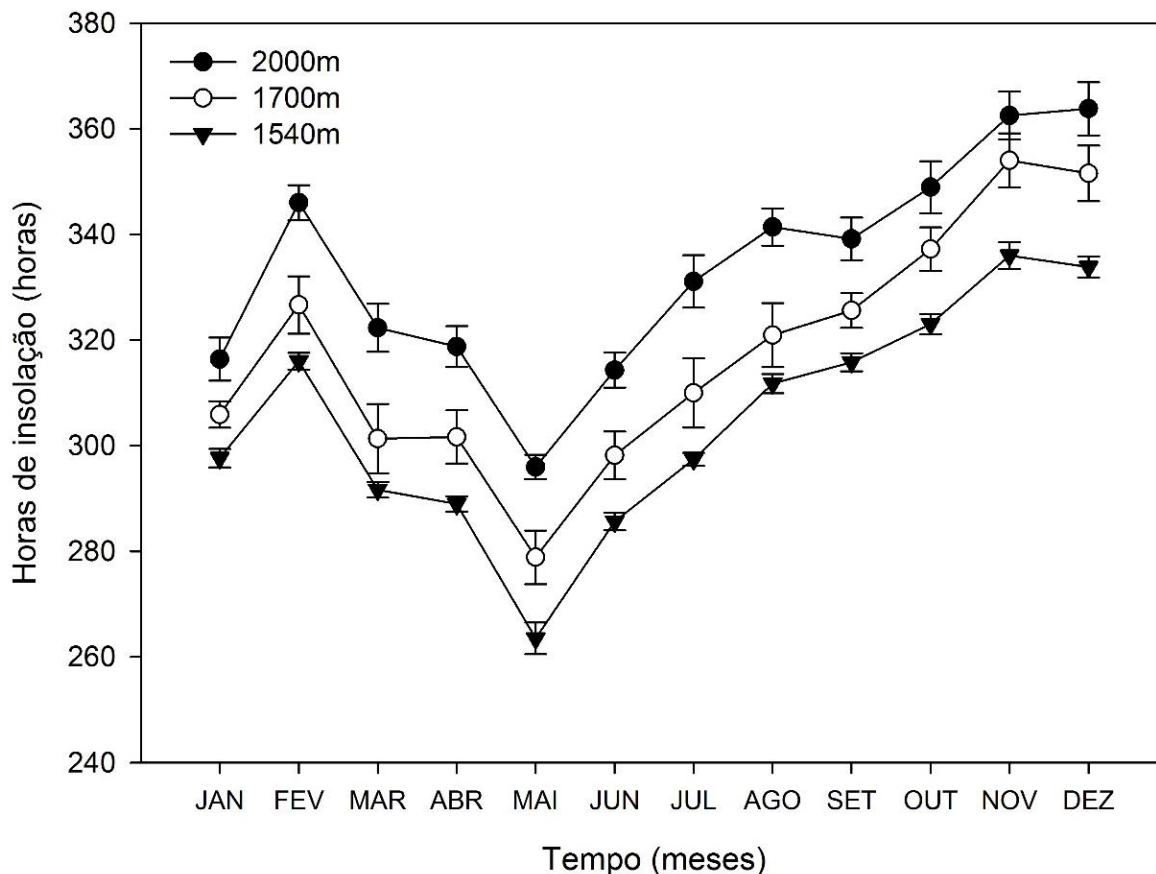
Gráfico 5-Quantidade de Radiação Global recebida pelas três cotas altitudinais na RPPN Alto-montana, em área da Serra da Mantiqueira.



Legenda: Traços acima e abaixo dos símbolos representam o desvio padrão calculado para cada mês observado. Fonte:

Do autor, 2017.

Gráfico 6-Horas de insolação recebida pelas três cotas altitudinais na RPPN Altomontana em área da Serra da Mantiqueira.



Legenda: Traços acima e abaixo dos símbolos representam o desvio padrão calculado para cada mês observado. Fonte:

Do autor, 2017.

Nos quadrimestres mais quente e mais frio, a subpopulação de 2000 m recebeu o maior número de horas de insolação, não diferindo estatisticamente da população de 1700m. No quadrimestre mais quente (NDJF) a cota de 2000m recebeu 9,24% mais horas do que a cota de 1540m que recebeu o menor número de horas de insolação. No ano de 2016 foram observadas os menores valores de Radiação Global e de horas de insolação (FIGURA 1 e 2 do ANEXO A).

5.2 Fator biótico nos gradientes altitudinais

Os valores dos índices de competição de Daniels (1976) e de Lorimer (1983) são apresentados na Tabela 4. A maior amplitude da variação foi encontrada para o índice de Lorimer em todas as cotas altitudinais, com destaque para a cota de 1700m com variação entre 0.17 a 0.99, enquanto para o de Daniels foi de 0.03 a 0.23. Para a cota de 1700 foi observado o maior valor do índice (0.074) considerando a distância (Daniels). Considerando somente o diâmetro das árvores (Lorimer), o maior índice foi observado para a cota de 1540m de altitude (0.62).

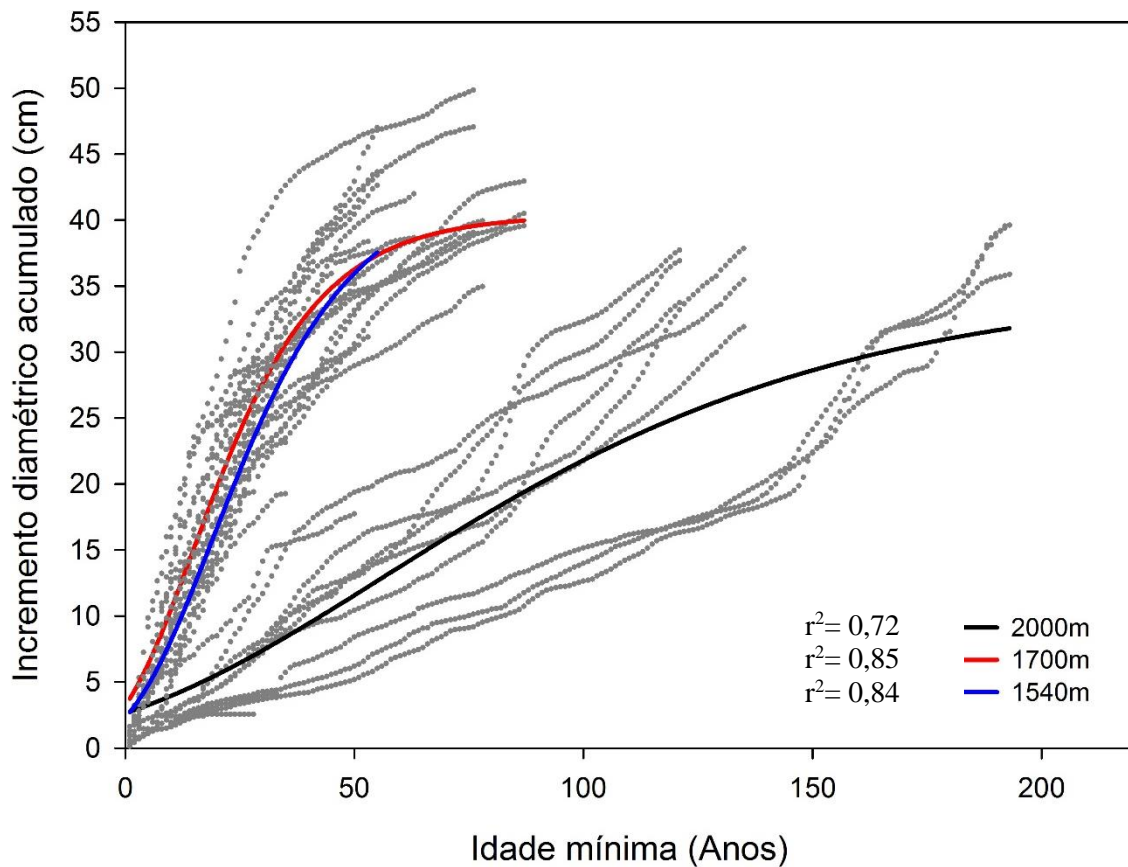
Em relação à correlação do crescimento radial com os índices de competição, observou-se que o de Daniels apresentou correlação positiva com o incremento mensal somente com a cota de 1540m ($r= 0,41$) enquanto o índice de Lorimer (1983) apresentou correlação positiva para com o incremento das subpopulações das cotas de 2000 m ($r=0,40$) e de 1700m ($r=0,42$), para a cota de 1540m o índice independente da distância apresentou correlação negativa ($r=-0,43$), tendo sido as correlações da subpopulação de 1700m e de 1540m as mais significativas.

5.3 Crescimento das Araucárias nas cotas altitudinais

5.3.1 Reconstrução do crescimento anual

A análise dos anéis de crescimento das árvores amostradas nas três cotas altitudinais, revelaram que os indivíduos da subpopulação de 2000m são mais velhos, alcançando mais de 100 anos, enquanto os indivíduos das subpopulações de 1700m e 1540m, são mais novos, com no máximo 50 anos, Com os dados amostrados verificou-se que o crescimento dos indivíduos nas cotas de menor altitude é mais rápido em comparação ao observado para as Araucárias à 2000m de altitude (GRÁFICO 5).

Gráfico 7 - Curvas de incremento anual obtidas pela contagem e medidas da largura dos anéis de crescimento da medula à casca.



Legenda: Curvas de todos as amostras dos anéis em cinza claro e ajustadas pelo modelo de GOMPERTZ, 3 parâmetros, $p < 0,001$ para todas as cotas altitudinais.

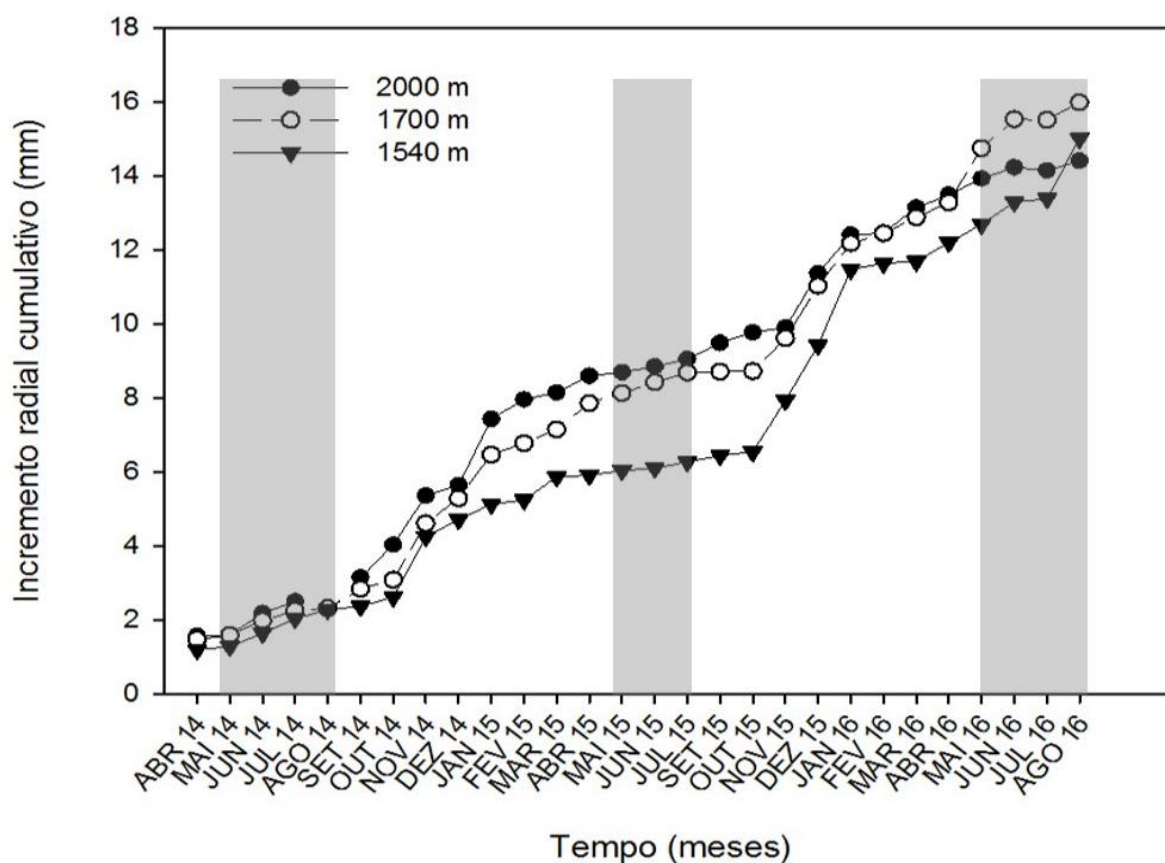
Fonte: Do autor, 2017.

O modelo que melhor se ajustou ao incremento diamétrico anual dos anéis de crescimento, foi o modelo Sigmoidal, Gompertz. Através da regressão (parâmetro a) verificou-se que a maior taxa de crescimento ocorre para os indivíduos da cota de 1540m, seguida de 1700m e com a menor taxa de crescimento para Araucárias da cota de 2000m, cujos valores de incremento médio anual em diâmetro foi de 0,16 mm para os indivíduos de 2000m, 0,37 mm para os indivíduos de 1700m e de 0,40 mm para os indivíduos de 1540m.

5.3.2 Periodicidade e ritmo de crescimento

Foi verificado um incremento médio cumulativo (GRÁFICO 8) para os indivíduos presentes na cota de 2000m ($8,64 \pm 8,00$ mm), na cota de 1700m ($8,20 \pm 6,99$ mm) e na cota de 1540m de altitude ($6,95 \pm 6,59$ mm) ($p= 0,53$). O crescimento radial apresentou picos de incremento que ocorrem a partir do mês de setembro (2014 e 2015), período este em que se inicia estação das chuvas e de aumento da temperatura mínima. Observa-se a relação positiva entre o incremento e a precipitação (Gráfico 8). Durante o mês de janeiro de 2016, no qual se observou o maior incremento (1,70 mm) para a cota de 1700m. também se obteve o maior acúmulo da precipitação (401,6 mm).

Gráfico 8- Crescimento radial cumulativo dos indivíduos de Araucária nos gradientes altitudinais na população localizada na RPPN Altomontana.



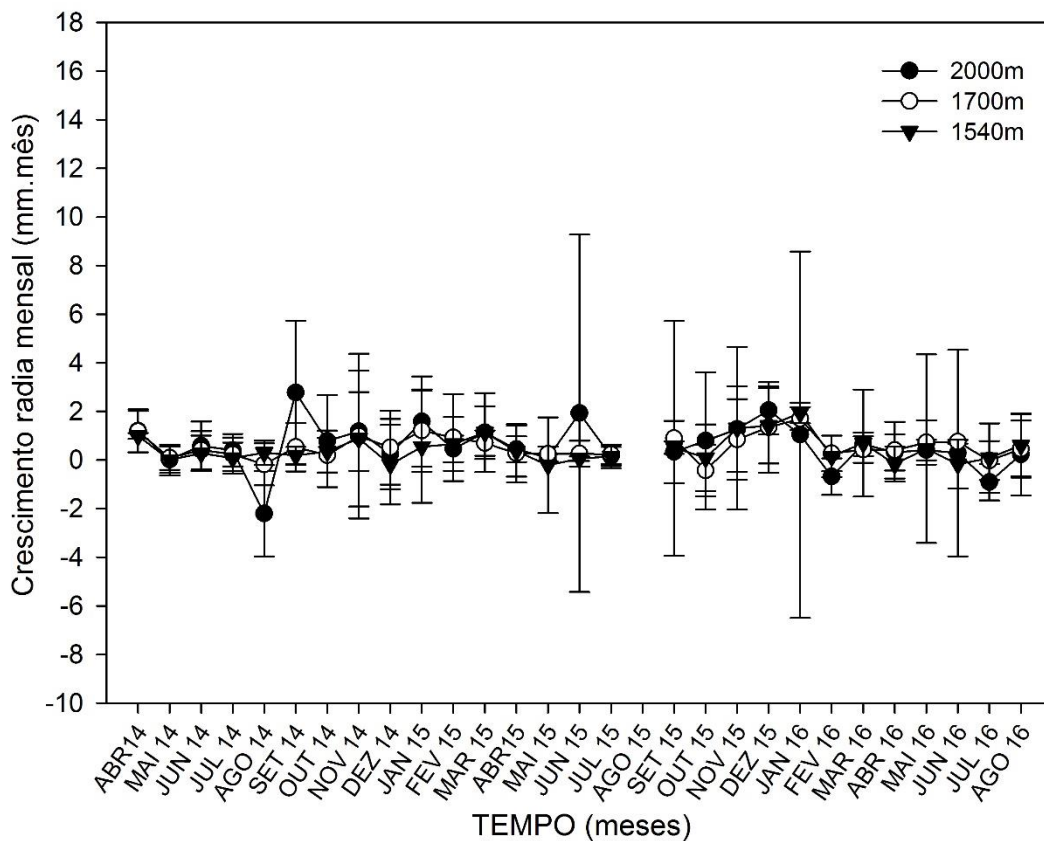
Legenda: As áreas cinza representam os períodos de seca.

Fonte: Do autor, 2017.

No entanto, a subpopulação de 2000m apresentou o maior incremento em um dos meses de menor precipitação, em setembro de 2014 (38,66 mm), comportamento diferente das demais subpopulações.

Os maiores valores médios de incremento foram observados em setembro de 2014 para a subpopulação de 2000m (2,77 mm), em janeiro de 2016 para subpopulação de 1700m (1,70mm), enquanto para a subpopulação de 1540m o maior incremento observado foi em dezembro de 2015 (1,94 mm). Considerando todo o período observacional, não houve diferença significativa no incremento médio mensal entre as subpopulações de 2000m, 1700m e 1540m ($p=0,65$) (GRÁFICO 8 e 9). Ademais, dentro das próprias cotas o número de indivíduos que apresentaram crescimento não foi constante. As respostas de incremento à temperatura variaram entre as subpopulações de modo que somente a subpopulação de 2000m teve correlação com a temperatura máxima, apresentando ainda correlação positiva com as temperaturas média e mínima, enquanto a subpopulação de 1700m apresentou correlação com a temperatura média e mínima, já a subpopulação de 1540m apresentou correlação positiva somente com a temperatura mínima.

Gráfico 9- Incremento radial mensal para todas as cotas no período de 2014 a 2016.



Legenda: Traço acima e abaixo, desvio padrão para cada mês observado.

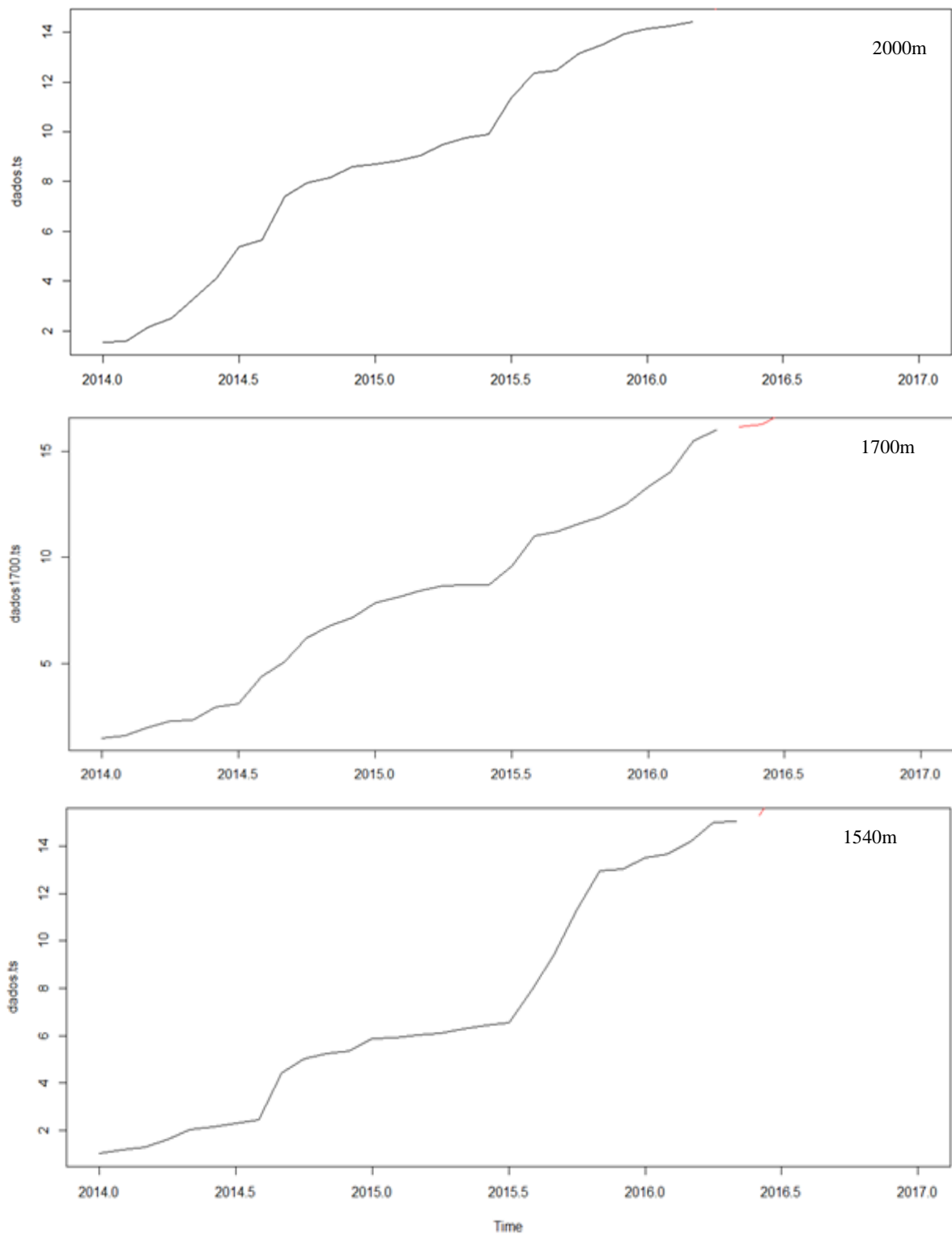
Fonte: Do autor, 2017.

Os maiores incrementos ocorreram no período referente a estação de chuva (GRÁFICO 8) para as três subpopulações (2000m=1,11 mm; 1700m=0,97 mm; 1540=0,77 mm) do que no período da estação de seca (Maio, Junho, Julho e Agosto-MJJA), cujo a taxa de incremento para as três subpopulações de Araucárias avaliadas, no período referente à seca foi cerca de 89,52% menor (2000=0,15mm; 1700m=0,29 mm; 1540m=0,08mm), mesmo que neste período tenha o maior número de observações coletadas.

O incremento radial mensal das Araucárias nas três subpopulações apresentou correlação positiva com a precipitação ($r=0,44$; $r=0,59$ e $r=0,53$ respectivamente 2000m, 1700 e 1540m) evidenciando que maior incremento se dá em maior período de pluviosidade. Nota-se também que a maior correlação foi obtida para a subpopulação de 1700m. A subpopulação de Araucária da cota de 2000m apresentou um incremento maior do que nas demais cotas. Pequenas diferenças são observadas nos meses com temperaturas mais baixas e de seca (GRÁFICO 8; TABELA 1), este período é mais crítico para as subpopulações à 1700m e 1540m, com paralização do incremento observado principalmente na cota de 1540m.

Em análise temporal dos dados estima-se que o comportamento de incremento dos indivíduos de *A. angustifolia* observados no gráfico 8 em que se obteve com o uso de cintas dendrométricas, apresentando um ritmo de incremento semelhante entre as subpopulações da cota de 1540m e de 2000m se mantenham similar no ano de 2017. Mantendo os períodos de maior liberação do crescimento em épocas referentes aos meses de maior precipitação.

Gráfico 10- Séries temporais analisadas para o incremento radial cumulativo de *A. angustifolia* nas três cotas altitudinais



Fonte: Lira, J.M. e autor, 2017.

Tabela 1-Correlações entre o incremento mensal e as variáveis ambientais analisadas.

		Temp. média	Temp. máxima	Temp. mínima	DPV méd	DPV máx	DPV Mín
2000	(r)	0,44	0,41	0,53	0,16	0,00	0,41
	p=	0,01	0,03	0,00	0,42	0,63	0,03
1700	(r)	0,44	0,30	0,50	0,36	0,28	0,16
	p=	0,02	0,12	0,00	0,06	0,16	0,40
1540	(r)	0,27	0,06	0,44	0,00	-0,04	0,19
	p=	0,16	0,73	0,02	0,85	0,81	0,34
		T.média	T.máx	T. mín	DPV méd	DPV máx	DPV Mín
(MJJA)							
2000	(r)	0,38	0,09	0,64	-0,74	-0,75	-0,87
	p=	0,31	0,81	0,06	0,09	0,08	0,02
1700	(r)	0,73	0,35	0,32	-0,20	-0,32	-0,24
	p=	0,02	0,35	0,39	0,69	0,52	0,63
1540	(r)	0,20	0,28	0,14	-0,27	-0,21	-0,35
	p=	0,60	0,46	0,71	0,59	0,68	0,49
(NDJF)							
2000	(r)	0,13	-0,02	0,15	-0,58	-0,47	-0,54
	p=	0,74	0,95	0,71	0,12	0,24	0,15
1700	(r)	0,37	0,13	0,06	0,60	0,50	-0,05
	p=	0,35	0,75	0,88	0,11	0,20	0,89
1540	(r)	-0,16	-0,49	0,00	-0,17	-0,21	-0,20
	p=	0,69	0,21	0,99	0,68	0,61	0,62
				BH	R.G	H.I	
		2000	(r)	0	0,09	-0,32	
	(NDJF)		p=	0	0,83	0,42	
		1700	(r)	0	0,34	0,13	
			p=	0	0,45	0,74	
		1540	(r)	0	0,26	-0,15	
			p=	0	0,56	0,71	
	(MJJA)	2000	(r)	-0,21	-0,17	0,06	
			p=	0,52	0,26	0,86	
		1700	(r)	-0,34	-0,36	0,46	
			p=	0,29	0,26	0,17	
		1540	(r)	-0,42	0,53	0,06	
			p=	0,19	0,08	0,89	
	Total	2000	(r)	0,00	0,53	0,62	
			p=	0,73	0,00	0,00	
		1700	(r)	0,07	0,44	0,44	
			p=	0,71	0,01	0,01	
		1540	(r)	-0,03	0,56	0,57	
			p=	0,85	0,00	0,00	

Fonte: Do autor, 2017.

Observou-se a seguinte distribuição de sexo entre as cotas altitudinais: 60% de indivíduos masculinos para as subpopulações à 2000m e 1540 m, enquanto na cota de 1700m encontrou-se o resultado inverso, com 40% de Araucárias masculinas (TABELA 2).

Tabela 2- Número de indivíduos e distribuição entre os sexos dos indivíduos de *A. angustifolia* nas cotas altitudinais.

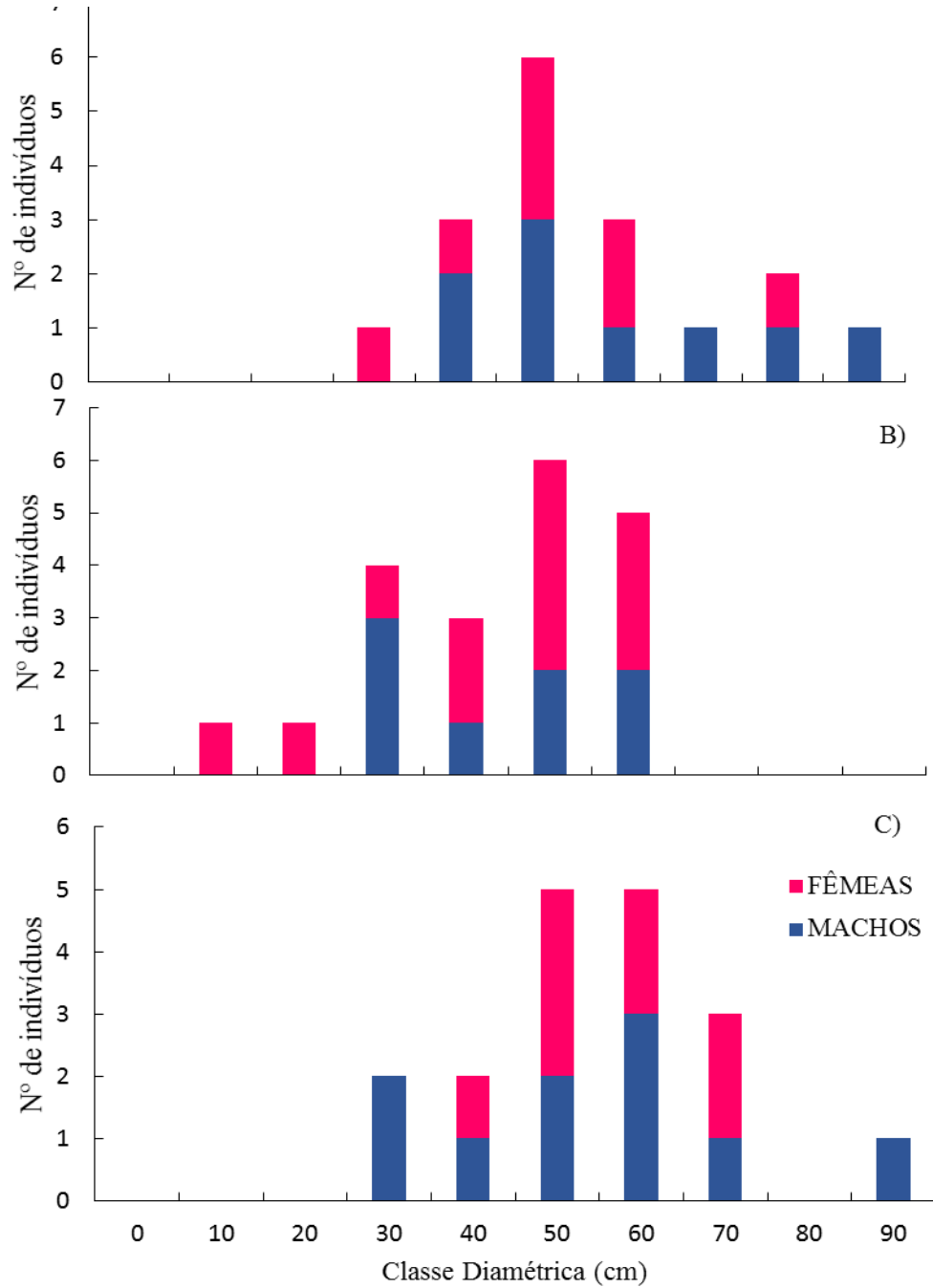
Sexo	Cota 1 2000 m	Cota 2 1700m	Cota 3 1540 m	DAP médio (mm)		
				2000*	1540*	1700*
Feminino	8	12	8	48,41	39,97	49,16
Masculino	12	8	12	53,64	39,15	48,34
Total	20	20	20			

Legenda: Os valores de DAP médio se referem somente ao número de indivíduos inicialmente marcados para medições do incremento diamétrico, ou seja 2000-17 indivíduos, 1700-20 indivíduos e 1540m-18 indivíduos. Fonte: Do autor, 2017.

Quanto a análise de frequência evidencia-se que independente do sexo, as Araucárias (GRÁFICO 11) se distribuem principalmente entre as classes de 30 a 70 cm. Nas cotas altitudinais, à 2000 m os indivíduos se encontram majoritariamente na classe de 50 cm (DAP). Porém é nesta cota que ocorrem indivíduos em todas as classes acima dos 30 cm. Na cota de 1700 m estão distribuídos principalmente em 30, 50 e 60 cm. Já os indivíduos da cota de 1540 m ocorrem principalmente nas classes de 50, 60 e 70 cm. Do total de indivíduos observados poucos são encontrados nas classes de maior diâmetro. Não foi observado diferenças significativas entre as classes diamétricas ocupadas pelos indivíduos de Araucária e a distribuição entre árvores fêmeas e machos ($p=0,58$).

Nas análises de correlação (TABELA 3) entre os estróbilos e incremento somente os estróbilos masculinos maduros apresentaram correlação com o incremento entre os indivíduos de Araucária na cota altitudinal de 1540m e de 2000m. A temperatura mínima foi o fator que influenciou o desenvolvimento dos estróbilos masculinos e femininos, na cota de 2000 e 1540m respectivamente. Enquanto o déficit de pressão de vapor, foi a variável ambiental que mais influenciou no desenvolvimento dos estróbilos de ambos os sexos, imaturos e maduros, em todas as cotas.

Gráfico 11 -Distribuição do número de indivíduos por sexo nas diferentes classes diamétricas por cota altitudinal: A) 2000m, B) 1700m e C) 1540m.



Fonte: Do autor, 2017.

Tabela 3- Correlações entre a Fenologia e variáveis ambientais.

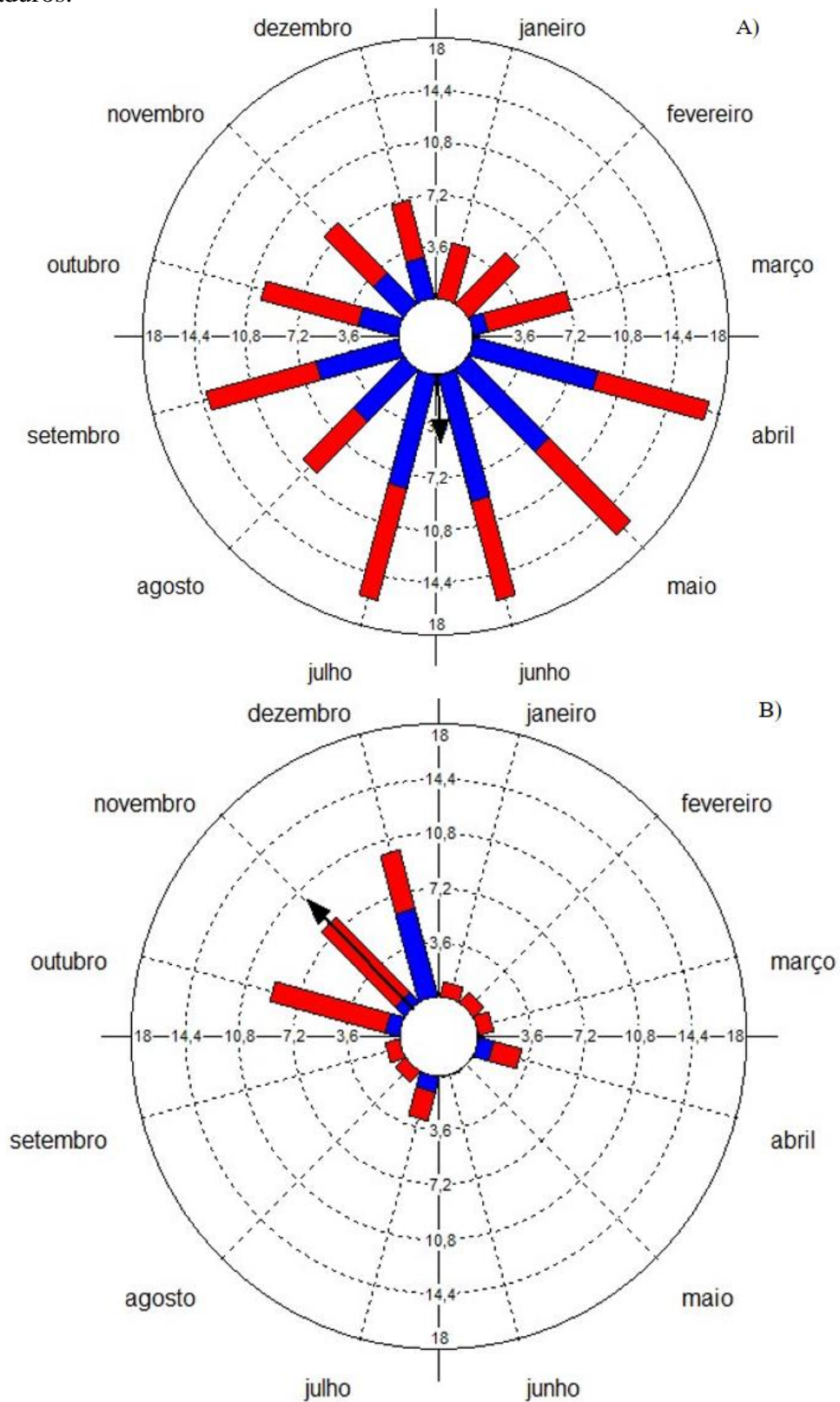
Cota		FI	FM	MI	MM					
2000m	(r)	-0,05	0,37	-0,20	0,76					
	p=	0,87	0,22	0,52	0,00					
1700m	(r)	0,03	0,36	-0,04	-0,05					
	p=	0,92	0,24	0,88	0,86					
1540m	(r)	-0,01	-0,10	-0,27	0,52					
	p=	0,95	0,73	0,39	0,07					
		T, méd	T, máx	T, mín	DPV méd	DPV máx	DPV mín	CAD	RG	HI
2000	FI (r)	-0,15	-0,10	-0,44	-0,29	0,17	-0,77	-0,34	-0,53	-
	p=	0,63	0,73	0,15	0,36	0,59	0,00	0,25	0,05	0,47
	FM (r)	-0,05	-0,42	0,49	-0,51	-0,75	0,08	0,03	0,45	0,09
	p=	0,86	0,17	0,11	0,10	0,00	0,79	0,91	0,11	0,55
	MI (r)	-0,55	-0,45	-0,63	-0,48	-0,06	-0,75	0,01	-0,65	-
	p=	0,07	0,14	0,03	0,12	0,81	0,00	0,96	0,01	0,40
1700	MM(r)	0,52	0,52	0,89	-0,17	-0,52	0,60	0,24	0,92	0,16
	p=	0,09	0,09	0,00	0,59	0,09	0,04	0,42	0,00	0,80
	FI (r)	0,28	0,22	0,32	-0,18	0,05	0,06	0,58	0,27	0,17
	p=	0,38	0,48	0,31	0,57	0,83	0,81	0,03	0,35	0,54
	FM (r)	-0,29	-0,11	-0,27	-0,54	-0,78	0,07	-0,32	-0,17	0,25
	p=	0,36	0,71	0,40	0,07	0,00	0,81	0,26	0,55	0,38
1540	MI(r)	0,09	0,05	-0,03	0,24	0,71	-0,35	0,04	0,26	-
	p=	0,75	0,86	0,90	0,45	0,01	0,27	0,86	0,36	0,03
	MM(r)	0,01	-0,36	0,28	0,11	0,16	-0,11	-0,12	0,15	0,90
	p=	0,94	0,25	0,38	0,71	0,59	0,71	0,65	0,60	0,24
	FI(r)	0,11	0,06	0,18	0,17	0,08	0,17	0,47	-0,08	-
	p=	0,72	0,86	0,59	0,61	0,79	0,61	0,09	0,77	0,05
1540	FM(r)	0,69	0,46	0,72	0,83	0,48	0,85	-0,31	-0,12	0,84
	p=	0,01	0,14	0,01	0,00	0,13	0,00	0,28	0,68	-
	MI(r)	-0,09	-0,04	-0,13	0,01	-0,01	0,02	0,37	-0,04	0,12
	p=	0,78	0,89	0,70	0,95	0,96	0,93	0,20	0,87	0,68
	MM(r)	0,10	-0,05	0,18	-0,16	-0,48	-0,01	-0,16	0,69	-
	p=	0,76	0,87	0,59	0,62	0,13	0,95	0,59	0,00	0,04

Fonte: Do autor, 2017.

A radiação global e horas de insolação apresentaram correlação para as fêmeas e machos na cota de 2000m e na altitude de 1540m somente com os estróbilos masculinos maduros. Já na cota de 1700 m o efeito da capacidade de armazenamento de água no solo foi influente na formação dos estróbilos imaturos femininos.

No entanto, tanto estróbilos masculinos e femininos foram vistos quase todo o ano (agosto de 2015 à julho de 2016), nas três cotas altitudinais, estando os androstróbilos imaturos tornaram-se visíveis no período entre setembro e dezembro. Já os ginostrobilos foram vistos com maior intensidade nos meses de novembro a abril, durante os meses de março a maio, os ginostrobilos já estavam amadurecendo, inclusive com liberação das sementes iniciando em abril (GRÁFICO 12). Assim, para todas as cotas entre maio e julho foi quando observou-se menos estróbilos tanto para machos quanto para fêmeas. Os ginostrobilos já iniciaram o amadurecimento em abril, liberando as sementes nos meses de frio, maio e junho, para as cotas altitudinais de 2000m e de 1700m, enquanto na cota de 1540m em junho ainda se encontrava estróbilos maduros nas árvores.

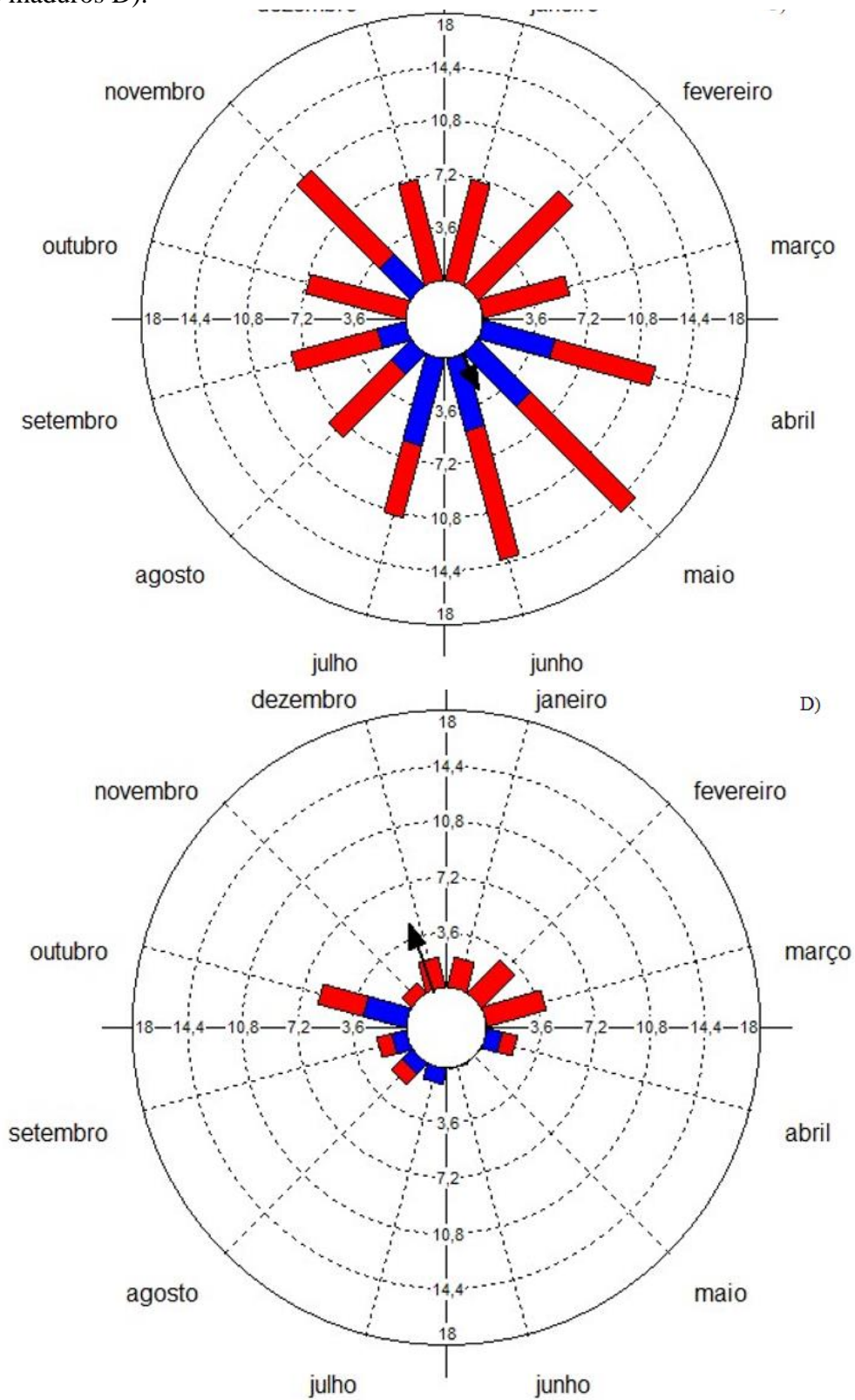
Gráficos 12- Fenologia circular com frequência do evento e emissão de estróbilos imaturos A) e B) estróbilos maduros.



Em azul-estróbilos masculinos, androstróbilos e em vermelho- estróbilos femininos- ginostróbilos. A seta preta indica o vetor r-médio (concentração dos dados). Fonte:

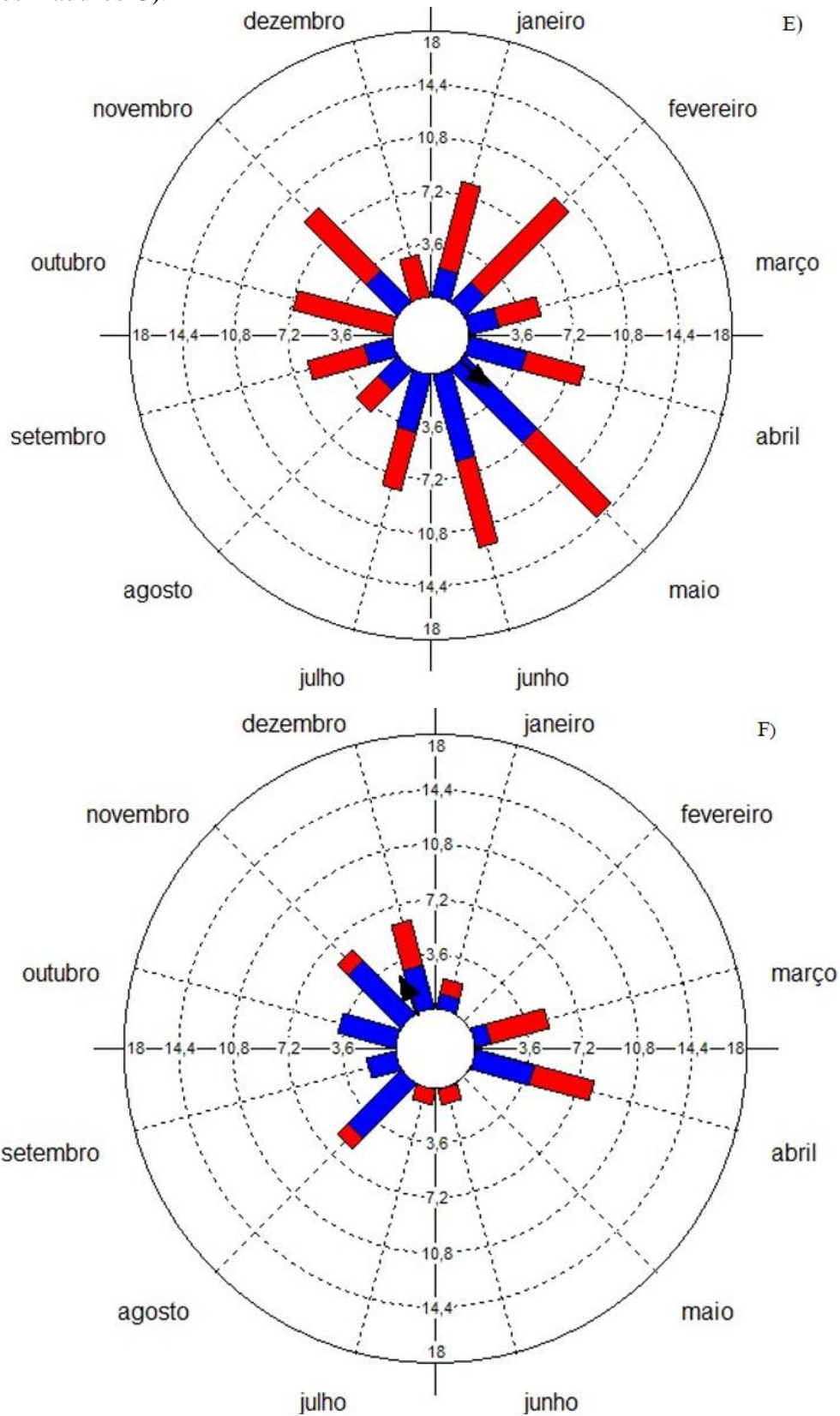
Do autor, 2017.

Continuação- Gráfico 12- Fenologia circular com frequência do evento e emissão de estróbilos imaturos C) e estróbilos maduros D).



Em azul-estróbilos masculinos, androstróbilos e em vermelho, estróbilos- femininos- ginostróbilos. A seta preta indica o vetor r-médio (concentração dos dados). Fonte: Do autor, 2017.

Continuação- Gráfico 12- Fenologia circular com frequência do evento e emissão de estróbilos imaturos F) e estróbilos maduros G).



Em azul-estróbilos masculinos, androstróbilos e em vermelho, estróbilos femininos- ginostróbilos. A seta preta indica o vetor r-médio (concentração dos dados). Fonte: Do autor, 2017.

6. DISCUSSÃO

O crescimento encontrado para as Araucárias das diferentes cotas altitudinais, evidencia que para os indivíduos na maior altitude, apresentam um crescimento mais lento, sendo estes indivíduos mais velhos. Enquanto nas cotas altitudinais de 1540m e de 1700m os indivíduos apresentaram rápido crescimento, com menor número de anéis que implica em indivíduos mais jovens, porém estes anéis apresentam maior largura, o que mostra um maior crescimento. Dos fatores ambientais avaliados, água, temperatura, DPV e radiação, a diferença encontrada para as cotas, foi somente entre DPV e temperatura. Para a cota mais elevada os menores valores de temperatura e DPV promovem um crescimento mais lento, com menor gasto de energia. Porém o menor índice de competição encontrado para esta cota altitudinal pode ter facilitado à estas Araucárias o crescimento, sem perdas energéticas com competição.

Assim, pode ter gerado o lento crescimento encontrado. Enquanto os fatores como a água e radiação não foram significantes para o crescimento dos indivíduos, o que se tem é que estas árvores podem ter adotado estratégia diferente de crescimento, o que promoveu um rápido aumento em espessura, mesmo sendo estas indivíduos mais jovens.

Contrário ao observado para os anéis de crescimento, o uso de cintas dendrométricas apresentou resultados contrários, com os indivíduos de ambas as cotas, mantendo o mesmo ritmo de crescimento o que incorreu em ausência de diferenças significativas no incremento. Mesmo com incremento semelhante entre as Araucárias das diferentes cotas altitudinais, estas apresentaram no ritmo anual de crescimento radial fases distintas de liberação e de supressão do crescimento, semelhante para ambas as cotas altitudinais (GRÁFICO 8 e 9). As fases de liberação ocorreram a partir do mês de setembro (2014 e 2015), coincidindo com o aumento das chuvas e das temperaturas. Como pode ser observado os maiores incrementos ocorreram no período referente ao quadrimestre mais quente e úmido (NDJF) (TABELA 1), Esse comportamento foi também observado por Zanon e Finger (2010) em estudo da atividade cambial e de ritmo de crescimento da *A. angustifolia* em áreas de menores altitudes na região sul do Brasil.

O período de liberação do crescimento de *A. angustifolia* nas três cotas altitudinais apresentou correlação positiva com a precipitação mas não com a água disponível no solo (GRÁFICO 4 e TABELA 1), dessa forma verifica-se que a disponibilidade de água no solo não foi o fator dirigente do crescimento radial das árvores. A semelhança da correlação do crescimento radial das subpopulações das três cotas com a precipitação pode ser devido à ausência de dados de precipitação para cada cota altitudinal, tendo-se um único conjunto de

dados para as três áreas. Ademais a ausência de correlação com a disponibilidade de água no solo, também pode decorrer deste fato relatado. Não se encontrou diferença estatística significativa entre a capacidade de água disponível no solo e a correlação com o incremento, quando comparado entre as três cotas, no entanto, verifica-se que para a cota altitudinal de 1540m, o solo apresenta maior disponibilidade de água.

Como as subpopulações de Araucária estão localizadas em áreas de floresta que têm elevada precipitação, os solos se mantêm sempre com água disponível. Soma-se a isso o fato relatado em literatura, das características morfológicas das folhas da *A. angustifolia* assegurar à espécie a capacidade de absorver água e nutrientes das chuvas horizontais, que surgem dos nevoeiros constantes. Os estudos até agora sobre as relações hídricas da Araucária apontam a capacidade da espécie em conservar água (CASSANA, DILLEMBURG, 2012).

Dessa forma, a disponibilidade de água não é a principal força motriz para o crescimento da Araucária, mesmo com a correlação encontrada para a precipitação. Isso pode estar associado à coincidência do aumento da precipitação com a elevação da temperatura média do ar. A temperatura é apontada por alguns autores como um dos principais fatores desencadeante da atividade cambial em *A. angustifolia* (FIGUEIREDO FILHO et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2009). A temperatura é dirigente do crescimento mediante o importante controle que exerce nos processos do metabolismo, inclusive na produção de tecido nas plantas (MARTINKOSKI; VOGEL; JADOSKI, 2015; KÖRNER; OHSAWA, 2005), que por sua vez tem a fotossíntese aumentada pela maior disponibilidade de radiação. Assim, o maior crescimento das Araucárias, independentemente da posição altitudinal que ocupa na paisagem, estaria relacionado ao menor gasto energético na regulação da pressão de vapor e na maior disponibilidade de energia necessária para atender a demanda fisiológica das plantas, diminuindo os processos da evapotranspiração (OLIVEIRA et al., 2009; SANTAROSA et al., 2007; VENEGAS-GONZÁLES et al., 2016).

A temperatura mínima é o fator ambiental abiótico controlador do ritmo de crescimento das Araucárias mediante a correlação entre as mínimas e o incremento, observando-se um gradiente decrescente de temperaturas com a elevação da altitude. No entanto a diferença de 4°C entre a temperatura mínima nas cotas não foi suficiente para alterar a atividade cambial das plantas de forma significativa.

Outras arbóreas de ambiente subtropical no Brasil apresentam padrão semelhante da atividade cambial e de incremento radial (LISI et al., 2008) e outras espécies da família Araucariaceae apresentam o mesmo comportamento de resposta do incremento à temperatura como *Aghatis australis* e *Araucaria cunninghamii*, enquanto *Aghatis robusta* responde

principalmente à precipitação, para estas espécies também se verificou que o início do crescimento radial ocorre nos meses em que se inicia a temporadas de chuvas, em setembro (NOCK; METCALFE; HIETZ, 2016).

Nock; Metcalfe; Hietz, (2016) consideram que a altitude em si, devido aos seus fatores associados, são limitantes à distribuição de qualquer indivíduo, e desta forma pequenas oscilações em qualquer um dos fatores ambientais, promoveria o crescimento (MARTINKOSKI; VOGEL; JADOSKI, 2015; FRITS, 1976). Este comportamento, de incremento mesmo sob pequenas modificações nas condições ambientais, foi verificado em *Araucaria araucana* (Molina) K, po Koch (2002) localizada em ambientes elevados de até 1600m nos Andes, no qual está sob elevadas médias de precipitação e cujas árvores apresentaram alta correlação entre o incremento e épocas de maior precipitação (MUNDO; MASIOKAS; VILLALBA, 2012).

Observou-se a correlação do incremento com a radiação e número de horas de insolação (TABELA 1) para as subpopulações de *A. angustifolia*. A radiação recebida pelas árvores é capaz de alterar o processo de evapotranspiração, relacionado ao metabolismo que envolve o incremento radial (KÖRNER, 2007, FRITS,1976). Ademais, em cotas altitudinais a radiação deve ser sempre considerada, uma vez que a diferença na radiação recebida entre as partes mais elevadas e as mais baixas, podem ser significativas. Os ambientes elevados recebem maior radiação, no entanto, nestes ambientes há maior flutuação térmica durante o dia, enquanto nas baixas altitudes essa flutuação térmica não ocorre. Se temperatura média e radiação governam a atividade de acúmulo de biomassa, as Araucárias da cota de 2000m são as menos favorecidas no incremento, porém não foi visto com o uso de dendrômetros, havendo semelhança entre o crescimento das Araucárias nas diferentes cotas.

Conforme o gradiente de radiação, a cota de 2000m também recebeu o maior número de horas de insolação enquanto a cota de 1540m recebeu menos horas, sendo este um efeito da própria topografia montanhosa, que pode ser determinado como “efeito altitude” (BLUMTHALER, 2012). Este efeito prevê um aumento na radiação recebida de acordo com a elevação a cada 1000m, a altitude afeta também a determinação dos comprimentos de onda incidentes. Ou seja, com a elevação aumenta-se a incidência de comprimentos de onda menores (BLUMTHALER, 2012), que não são envolvidos nos processos fisiológicos das plantas, consequentemente afetam o seu funcionamento.

Um outro aspecto do ambiente abiótico que pode dirigir o crescimento das plantas nas diferentes altitudes é a umidade do ar. A umidade inversamente proporcional ao déficit de pressão de vapor tende a diminuir com a elevação da altitude (BURGES; DAWSON, 2004),

porém esta relação pode variar a depender de outros fatores como tipo de vegetação, cobertura do solo e variação horizontal de massas de ar que caracterizam as chuvas horizontais ou ocultas. De acordo com Oliveira-Filho e Fontes, (2004) e Pompeu et al., (2014) a região de estudo, está sob alta incidência de nevoeiros, formações de nuvens que ficam estacionadas sobre a área o que faz da região de estudo, uma floresta tipicamente nebulosa.

O menor DPV e elevada radiação contribuem para o aumento da condutância estomática das plantas (JUMP; MÁTYAS; PENUELAS, 2009; KÖRNER; OHSAWA, 2005) no entanto, o aumento da radiação pode acarretar na diferença de temperatura da superfície das folhas, quando estão expostas no dossel, e com temperaturas da superfície foliar maiores do que a temperatura do ar, esta diferença promoverá o déficit de pressão de vapor (DPV). Assim, mesmo que a maior radiação tenha sido observado para as populações de Araucárias à 2000m, não se observou os maiores resultados de DPV para esta área, tendo sido portanto, a temperatura essencial para este controle, gerando menor gasto energético para a planta manter o seu metabolismo controlado, impediu que a planta apresenta-se rápido crescimento.

O incremento radial observado para a subpopulação de Araucárias à 1540m é derivado dos maiores valores de DPV encontrado para esta cota altitudinal, uma vez que elevados valores de DPV limitam o crescimento pois, esse processo consequentemente diminui a fotossíntese e o acúmulo ou a partição de carbono nas árvores ao mesmo tempo que eleva a demanda das plantas por água (HICKE; ZEPPEL, 2013). Mesmo que tenha água disponível em todas as cotas. Desta forma, a redução da pressão de água dentro da células pode ter restringindo os mecanismos de incremento radial devido à prejudicada partição de carbono (HICKE; ZEPPEL, 2013). Desse modo elevados valores de DPV estão associados a um suprimento de água insuficiente nas folhas e à promoção de um tempo menor na abertura dos estômatos, limitando a taxa de absorção de CO₂ que consequentemente afeta o processo de fotossíntese e por conseguinte afeta o crescimento das plantas (LARCHER, 2004) como observado para as Araucárias na cota de 1540m.

Por outro lado, no quadrimestre mais frio (MJJA) de 2014 e principalmente de 2015 (TABELA 1) os valores de DPV foram mais baixos principalmente para a cota altitudinal de 1540m, cujos valores de DPV máximo sempre foram mais elevados. Nos meses referentes aos quadrimestres mais frio, os valores de DPV máximo reduziram, provavelmente acompanhando a queda das temperaturas nestes meses, a mesma queda dos valores de DPV médio foi observada para a cota altitudinal de 1700m, decorrente da maior frequência de eventos de neblina nas regiões medianas e altas da Serra da Mantiqueira, frequentes nas épocas de frio e seca (YATES; HUTLEY 1995).

Entende-se assim que embora tendo sido encontrado resultado semelhante entre o incremento para as subpopulações de Araucárias com o uso de cintas dendrométricas, este não reflete o encontrado para os anéis de crescimento. Essa divergência pode ser dada pela dimensão temporal observada nos dois estudos. Para os dados da cinta que englobou um período temporal muito menor do que o observado nos anéis, pode refletir condições ambientais semelhantes nas três cotas altitudinais que promoveram o crescimento semelhante das Araucárias abordadas. Diferentemente do observado no uso de anéis nos quais estas condições podem representar somente um pequeno período dentro do tempo final analisado.

6.1 Fenologia

A separação em sexo de alguns indivíduos só foi possível durante o período de emissão dos estróbilos e amadurecimento destes, este fato decorre também do fato da Araucária apresentar um longo ciclo reprodutivo podendo durar até 4 anos segundo Zanon; Finger, (2010) desde a formação dos estróbilos e das células gaméticas. Portanto o período observado reflete apenas um quarto do período de duração do ciclo desde a emissão dos estróbilos até a produção de sementes, e que os ciclos podem se sobrepor. Assim, as árvores observadas apresentavam estróbilos já na fase de amadurecimento para formação de sementes e liberação destas.

Quanto a análise de frequência evidencia-se que independente do sexo, as Araucárias (Figura 15) se distribuem principalmente entre as classes de 30 a 70 cm. Nas cotas altitudinais, à 2000 m os indivíduos se encontram majoritariamente na classe de 50 cm (DAP). Porém é nesta cota que ocorrem indivíduos em todas as classes acima dos 30 cm, na cota de 1700 m estão distribuídos principalmente em 30, 50 e 60 cm. Já os indivíduos da cota de 1540 m ocorrem principalmente nas classes de 50, 60 e 70 cm. Do total de indivíduos observados poucos são encontrados nas menores e maiores classes diamétricas.

Quando ocorreu déficit hídrico, foi observado o menor déficit para o gradiente de 1540m devido à maior capacidade deste solo em armazenar água, ao mesmo tempo os maiores valores de DPV foram encontrados para esta altitude, coincidindo com a menor presença de estróbilos maduros nestes indivíduos. Foi possível observar que durante outubro a dezembro, os ginostrobilos maduros, alguns indivíduos adiantavam a maturação dos estróbilos em relação à outros na mesma cota altitudinal. Os androstrobilos na fase madura, ocorreram principalmente em dezembro, com estróbilos maduros e secos nas árvores. Diferente do que afirma Solórzano-Filho (2001) foi possível ver estróbilos masculinos imaturos e maduros em um mesmo indivíduo, devido a produção anual de estróbilos e início das observações em agosto, de modo

que os estróbilos maduros observados permaneceram aderidos aos galhos, mesmo após a liberação do pólen enquanto novos estróbilos estavam em formação.

Não se identificou épocas específicas de amadurecimento dos estróbilos femininos, nota-se no entanto que para a cota de 2000m e de 1700m que os ginostrobilos maduros apareceram em maior intensidade a partir do mês de outubro, enquanto em 1540m, ocorre a partir de novembro. A partir de janeiro, a intensidade de estróbilos maduros femininos aumentam e rapidamente amadurecem, estando prontos para liberarem as sementes já a partir de março se destacando das plantas mãe, por ação da força da gravidade. Com os dados colhidos neste trabalho, as Araucárias da Serra da Mantiqueira possivelmente apresentam um ciclo menor do que 4 anos, como também confirmado por Mantovani et al., (2004) em estudo sobre a fenologia de Araucárias na Serra da Mantiqueira em Campos do Jordão. A diferença na duração do ciclo observado deve-se a fatores ambientais que influenciam no desenvolvimento das estruturas reprodutivas para Araucária. Entretanto não foi observado o ciclo completo, uma vez que o início das observações se deu já com estruturas reprodutivas em formação.

Neste trabalho os estróbilos imaturos, principalmente femininos foram vistos já a partir de agosto, porém em maior intensidade em setembro, antecipadamente ao período relatado por Mantovani et al, (2004), com início da observação dos estróbilos no verão, período no qual o aumento das temperaturas seja responsável pelo investimento energético em estruturas reprodutivas. No entanto, neste trabalho as Araucárias observadas localizam-se em maior altitude, as diferenças na temperatura, seja responsável pela antecipação da observação dos estróbilos. Observa-se que a emissão das estruturas reprodutivas iniciou no período de baixo investimento em incremento radial embora sem significância estatística (), uma vez que indivíduos em época de reprodução apresentam maior consumo de energia, reduzindo a taxa de crescimento radial.

Sugere-se com estes resultados que a Araucária tem alto investimento em estruturas reprodutivas do sexo feminino (BITTENCOURT; SEBBENN,2007) uma vez que os indivíduos do sexo feminino no geral foram classificados nas menores classes diamétricas, diferentemente do observado por Klauberg,et al., (2010), contudo foram observadas estruturas reprodutivas em todo o período de observação porém em momentos diferentes de diferenciação. As estruturas reprodutivas mais desenvolvidas foram observadas durante o período mais quente e úmido (NDJF) (observação pessoal), quando os estróbilos já estavam em fase de amadurecimento, sugerindo a influência da temperatura elevada no desenvolvimento destas estruturas, enquanto na cota de 2000m, as baixas temperaturas inibiram o desenvolvimento dos androstróbilos como apresentado.

Na cota de 2000m onde as Araucárias recebem maior radiação devido à maior elevação, o efeito da radiação e das horas de insolação tem efeito negativo no desenvolvimento das estruturas imaturas, enquanto o efeito pode ser benéfico nas estruturas maduras, sem diferenciação entre sexo. Contudo a maioria de indivíduos machos observados pode acarretar na diminuição da população da espécie no gradiente de maior elevação.

Entretanto, os resultados para as variáveis ambientais se mostraram um tanto quanto diversos, pelo curto período de avaliação da fenologia, uma vez que a Araucária apresenta um longo ciclo reprodutivo de no mínimo 16 meses.

7. CONCLUSÃO

A reconstrução do crescimento dos indivíduos de Araucárias para as diferentes cotas por meio dos anéis de crescimento anuais, revelou que os indivíduos à 2000m de altitude apresentam menor crescimento porém são mais velhos. As taxas de crescimento verificadas ao longo da altitude com o uso de cintas dendrométricas foi semelhante para os indivíduos nas diferentes cotas altitudinais, apresentando períodos de liberação do crescimento durante os períodos de aumento de temperatura e precipitação. Neste estudo verificou-se que as condições climáticas confinam as Araucárias no ambiente de maior elevação, onde ocorreu o crescimento destes indivíduos foi lento quando comparado aos demais, através do estudo dos anéis.

A fenofase de liberação das estruturas reprodutivas da Araucária coincidiram com o período de temperaturas elevadas, sendo que no início do período de temperaturas mais baixas, as Araucárias na região estudada, já estão liberando as sementes.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C.A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v.22, n.6, p. 711-728, jan. 2014.
- ANSELMINI, J.I.; ZANETTE, F.; BONA, C. Fenologia reprodutiva da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. na região de Curitiba – PR. **Floram: Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.13, n.1, p.44-52, 2006. No prelo.
- BACKES, A. Distribuição geográfica atual da Floresta com araucária: condicionamento climático. In: FONSECA, C. R. et al. (Org.). **Floresta com araucária: ecologia, conservação e desenvolvimento sustentável**. 1 Ed. Ribeirão Preto: Ed. Holos, 2009. p. 39-44.
- BACKES, P.; IRGANG, B. **Árvores do sul: guia de identificação e interesse ecológico**. Rio de Janeiro: Ed. Clube da árvore/Instituto Souza Cruz, 2002. 326 p.
- BECKER, P. Competition in the regeneration niche between conifers and angiosperms: Bond's slow seedling hypothesis. **Functional Ecology**, London, v.14, p. 401-412, aug. 2000.
- BENITES, V.M. et al. Solos e Vegetação nos complexos rupestres de altitude da Mantiqueira e do Espinhaço. **Floram: Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 10, n. 1, p.76-85, jan./jul. 2003.
- BENITES, V. M. et al. **Caracterização dos solos em Duas topossequências sobre diferentes litologias em Áreas Altomontanas na Serra da Mantiqueira**. 1. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, n.57, dez., 2003. 31 p. Documentos.
- BIGING, G.S.; DOBBERTIN, M. Evaluation of competition indices in individual tree growth models. **Forest Science**, Bethesda, v.41, n. 2, p. 360-377, may. 1995.
- BITTENCOURT, J.V.M.; SEBBENN, A.M. Patterns of pollen and seed dispersal in a small, fragmented population of the wind-pollinated tree *Araucaria angustifolia* in Southern Brazil. **Heredity**, London, v. 99, p. 580-591, oct. 2007.
- BLUMTHALER, M. Solar Radiation of the High Alps. In: LUTZ, C. (ed). **Plants in Alpine Regions**. Cell Physiology of Adaption and Survival Strategies, Viena, 2012. p. 11-20.
- BORDIGNON, M.; MONTEIRO-FILHO, E. L. A. **O serelepe *Sciurus ingrami* (Sciuridae: Rodentia) como dispersor do Pinheiro do Paraná *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae: Pinophyta)**. Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR, Paraná, v. 3, n. 2, p. 139-144, ago./dez. 2000.
- BOTOSSO, P.C; MATTOS, P.P. **Conhecer a idade das árvores: importância e aplicação**. 1 ed. Colombo: EMBRAPA Florestas, n.75, set. 2002. 25 p. Documentos.
- BURGESS, S. S. O.; DAWSON, T. E. The contribution of fog to the water relations of *Sequoia sempervirens* (D. Don): foliar uptake and prevention of dehydration. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v.27, p.1023- 1034, jun. 2004.
- CALLAWAY, R.M., et al. Positive interactions among, alpine plants increase with stress. **Nature**, London, v.417, p. 844-848, mar. 2002.

CANETTI, A. et al. Dinâmica de crescimento de espécies de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista em Colombo, PR. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 34, n.77, p. 31-37, 2014.

CARVALHO, F.A.; FELFILI, J.M. Cost-benefit analysis of industrial and homemade dendrometer bands. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v.25, n.3, p.566-570, mai. 2011.

CARVALHO, P. E. R. *Araucaria angustifolia* (Bertoloni) Otto Kuntze. In: _____ **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, Brasília, 1994. p.70-78.

CASSANA, F. F.; DILLENBURG, L. R. The periodic wetting of leaves enhances water relations and growth of the long-lived conifer *Araucaria angustifolia*. **Plant Biology**, Stuttgart, v. 15, n. 1, p. 75-83, jun. 2012.

CATTANEO, N. et al. Sex-related, growth-climate association of *Araucaria angustifolia* in the neotropical ombrophilous woodlands of Argentina. **Dendrochronologia**, Quebec, v.31, p. 47-152, 2013.

CUNHA, T.A; FINGER, C.A.G. Competição assimétrica e o incremento diamétrico de árvores individuais de *Cedrela odorata* L. na Amazônia ocidental. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 43, n.1, p. 9-18, 2013.

DANIELS, R.F. Simple competition indices and their correlation with annual loblolly pine tree growth. **Forest Science**, Bethesda, v.22, p. 454-456, 1976.

ECROYD, C. E. Biological flora of New Zealand: *Agathis australis* (D. Don) Lindl. (Araucariaceae) Kauri. **New Zealand Journal of Botany**, Te Papa Tongarewa, v. 20, p. 17 – 36, feb.1982.

FIGUEIREDO FILHO, A. et al. Dinâmica do Afilamento do tronco e da produção de madeira em plantios de *Araucaria angustifolia*. **Cerne**, Lavras, v.20, n.4, p. 595-603, 2008.

FILHO, A. F. et al. Dinâmica do afilamento do tronco e da produção de madeira em plantios de *Araucaria angustifolia*. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 4, p. 595-603, 2014.

FOURNIER L.A. Um método quantitativo para la medición de características fenológicas em árboles. **Turrialba**, Turrialba, v. 24; p. 422-423, 1974.

FRITTS, H.C. **Tree Rings and Climate**. New York: Academic Press, 567 p., 1976.

HAMILTON, L.S.; JUVIK, J.O.; SCATEN, F.N. **Tropical Montane Cloud Forests**. Proceedings of an International Symposium at San Juan, Puerto Rico, 1993. 273 p.

HICKE, J.A.; ZEPPEL, M.J.B. Climate driven tree mortality: insights from the piñon pine die-off in the United States. **New Phytologist trust**, Lancaster, v.200, p.301-303, oct. 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS METEOROLOGICAS (INPE). Disponível em: <<http://www.inpe.br>> Acessado em 6 de março de 2017.

JONES, H. G. **Plants and microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology**. Cambridge: Cambridge University, 1992. 428 p.

JUMP, A.S., MÁTYAS, C. e PENUELAS, J. The altitude-for-latitude disparity in the range retractions of woody species. **Trends in Ecology & Evolution**, Riverport Lane, v.24, n.12, aug. 2009.

KEELAND, B.D.; YOUNG, P.J. **Construction and installation of dendrometer bands for periodic tree-growth measurements**. Disponível em: <<http://www.nwrc.usgs.gov/dendrometer/index.html>> Acesso em; 20 mar. 2012.

KLAUBERG, C.; et al. Florística e estrutura de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no Planalto Catarinense. **Biotemas**, Florianópolis, v. 23, n. 1, p. 35-47, 2010.

KOCH, Z.; CORRÊA, M. S. **Araucária: a floresta do Brasil meridional**. Curitiba: Olhar Brasileiro, 2002. 148 p.

KÖRNER, C.H. The use of ‘altitude’ in ecological research. **Trends in Ecology & Evolution**, Riverport Lane, v. 22, n.11, p. 569-574, 2007.

KÖRNER, C.H.; OHSAWA, M. **Mountain Systems**. In: Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends. Hassan, R. et al., (eds), 1 ed. Washington DC: Island Press, 2005, p. 681–716, v.1, 2005.

KUHN, S. A.; MARIATH, J.E.A. Reproductive biology of the “Brazilian pine” (*Araucaria angustifolia*- Araucariaceae): Development of microspores and microgametophytes. **Flora**. Freiberg, v. 209, p. 290-298, 2014.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa. 2000. 531p.

LIANG, E. et al. Topography and species dependent growth responses of *Sabina przewalskii* and *Picea crassifolia* to climate on the northeast Tibetan plateau. **Forest Ecology Manager**, New South Wales, v. 236, p.268-277, 2006.

LISI, C. S. et al. Tree-ring formation, radial increment periodicity, and phenology of tree species from a seasonal semi-deciduous forest in southeast Brazil. **IAWA Journal**, Leiden, v. 29, n. 2, p. 189-207, 2008.

LISI, C. S. et al. **Idade de árvores e dinâmica de populações de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze da região de Camanducaia - MG, através da análise dos anéis de crescimento**. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 50, 1999, Blumenau. **Anais...** Blumenau: Sociedade Botânica do Brasil, 1999. p. 4-5.

_____. **Análise da variação da largura dos anéis de crescimento de *Araucaria angustifolia* (B.) O. Kuntze- pinheiro-do paraná para estudos dendrocronológicos**. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 49, 1998, Salvador. **Anais...** Salvador: Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia, 1998. p. 189-207.

LÓPEZ, L. **Estudio de anillos de crecimiento en once especies forestales de Santa Cruz–Bolivia**. Universidad Autónoma Gabriel René Moreno. Tesis de Ingeniería Forestal, Santa Cruz. 2003.

LORIMER, C. G. Tests of age-independent competition indices for individual trees in natural hardwood stands. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.6, p. 343-360, jan.1983.

MACHADO FILHO, L. et al. **Projeto RADAMBRASIL**. Folhas SF-23/24, Rio de Janeiro/Vitória (Geologia). Ministério de Minas e Energia, MME. 1983.

MANTOVANI, A.; MORELLATO, L.P.C.; REIS, M.S. Fenologia reprodutiva e produção de sementes em *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 27, p. 787-796, dez.2004.

MARTINKOSKI, L.; VOGEL, G.F.; JADOSKI, S.O. Influência do clima no crescimento diamétrico de *Araucaria angustifolia*: revisão bibliográfica. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, Guarapuava, v. 8, n.2, p. 104-111, may/aug. 2015.

MEIRELES, L.D.; SHEPHERD, G. J.; KINOSHITA, L. S. Variações na composição florística e na estrutura fitossociológica de uma Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana na Serra da Mantiqueira, Monte Verde, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.31, n.4, p.559-574, out/dez. 2008.

MRI (MOUNTAIN RESEARCH INITIATIVE EDW Working Group. Elevation-dependent warming in mountain regions of the world. **Nature climate change**, London, v.5, p.424-430, apr. 2015.

MUNDO I. A., MASIOKAS M. H., VILLALBA R. et al. Multicentury tree-ring based reconstruction of the Neuquen River streamflow, northern Patagonia, Argentina. **Climate of the Past**, Göttingen, v. 8, p. 815–829, feb. 2012.

NOCK. C.A. METCALFE. D. J. HIETZ. P. Examining the influences of site conditions and disturbance on rainforest structure through tree ring analyses in two *Araucariaceae* species. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.366, p. 65-72, feb. 2016.

NUTTO, L.; WATZLAWICK, L. F. Relações entre fatores climáticos e incremento em diâmetro de *Zanthoxylum rhoifolia* Lam. E *Zanthoxylum hyemale* St. Hil. na região de Santa Maria, RS. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, v.45, p. 41-55, jan. 2002.

OLIVEIRA, J. M. **Anéis de crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze**: bases de dendroecologia em ecossistemas subtropicais montanos no Brasil. 2007. 139 p. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

OLIVEIRA, J.M. et al. Seasonal cambium activity in the subtropical rain forest tree *Araucaria angustifolia*. **Trees**, Heidelberg, v.23, p.107-115, 2009.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; FONTES, M. A. L. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in southeastern Brazil and the influence of climate. **Biotropica**, Medford, v. 32, n. 4b, p. 793-810, sept. 2000.

PANE, E. **Estudo hidrológico, hidrogeológico e geofísico no Município de Itamonte - MG**. 2001. 84 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

PARMESAN, C., YOHE, G. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. **Nature**, London, v. 421, p. 37-42, 2003.

POMPEU, P. V., et al. Floristic composition and structure of na upper montane cloud forest in the Serra da Mantiqueira Mountain Range of Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v.28, p. 456-464, out. 2014.

RIBEIRO, M.C.; METZGER, J.P.; MARTENSEN, A.C. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed: Implications for conservation. **Biological Conservation**, Montpellier, v. 142, p. 1141-1153, 2009.

RICKLEFS, R. E. History and Diversity: Explorations at the Intersection of Ecology and Evolution. 3 ed. Ed. Amer. **The American Naturalist**, Chicago, v.170, n.52, p. 56–70, aug. 2007.

SANTAROSA, E. et al. Crescimento Sazonal em *Araucaria angustifolia*: Evidências Anatômicas. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, p. 618-620, jan. 2007.

SAWADA, Y.; AIBA, S-I. S.T.; KITAYAMA, K. Size structure, growth and regeneration of tropical conifers along a soil gradient related to altitude and geological substrates on Mount Kinabalu, Borneo. **Plant Soil**, Crawley, v. 403, p. 103–114, jun. 2016.

SCUDELLER, V. V.; MARTINS, F.R.; SHEPHERD, G. J. Distribution and abundance of SEITZ, R.A.; KANNINEN, M. Tree ring analysis of *Araucaria angustifolia* in Southern Brazil: preeliminary results. **IAWA Bulletin**, Leiden, v.10, n.2, p.170–174, dec. 2001.

SILVA, H. D. et al. Recomendação de solos para *Araucaria angustifolia* com base nas suas propriedades físicas e químicas. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 43, p. 61-74, jul./dez. 2001.

SILVA, N. A. C. et al. **Mapeamento da distribuição altitudinal das áreas de bambus na RPPN Alto-Montana em Itamonte, MG**. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto- SBSR, 17, 2015, João Pessoa- PB. **Anais eletrônicos ...** João Pessoa: INPE, 2015.

SILVA, R.P. et al. Diameter increment and growth patterns for individual tree growing in Central Amazon, Brazil. **Forest Ecology Management**, Amsterdam, v. 166, p. 295-301, aug.2002.

SILVEIRA-WREGE, M. et al. **Climate change and conservation of *Araucaria angustifolia* in Brazil**. Rome: FAO Corporate Document Repository, Rome, 2007. 6p.

SOLIVERS, S; MAESTRE, F. T. Plant-plant interactions, environmental gradients and plant diversity: A global synthesis of community-level studies. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, Singapore, v. 16, p. 154-163, apr. 2014.

SOLÓRZANO-FILHO, J. **Demografia, fenologia e ecologia da dispersão de sementes de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze (Araucariaceae), numa população relictual em Campos do Jordão.** 2001. 158p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

SOUZA, A. F. Ecological interpretation of multiple population size structures in trees: the case of *Araucaria angustifolia* in South America. **Austral Ecology**, Malden, v. 32, n. 32, p. 524-533, jun. 2007.

SOUZA, V.A.; HATTEMER, H.H. Fenologia Reprodutiva da *Araucaria angustifolia* no Brasil. **Boletim Pesquisa Florestal**, Colombo: n.47, p. 19-32, nov. 2003.

STEFENON, V. M.; GAILING, O.; FINKELDEY, R. Phylogenetic relationship within genus *Araucaria* (Araucariaceae) assessed by means of AFLP fingerprints. **Silvae Genetic**, Göttingen, v. 55, n.2, p. 45 – 52, jan.2006.

SUNDQVIST, M.K.; SANDERS, N.J.; WARDLE, D.A. Community and Ecosystem Responses to Elevational Gradients: Processes, Mechanisms, and Insights for Global change. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, Palo Alto, v.44, p. 261-280, nov.2013.

TOMAZELLO FILHO, M.; LISI, C. S.; BOTOSSO, P. C. ***Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kunt., the Brazilian pine, as a potential species for dendrochronological studies.** In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON DENDROCHRONOLOGY FOR THE THIRD MILLENIUM, 2000. **Anais...**Mendoza: [s.n.], 2000. p. 165.

VALVERDE, M. C.; MARENGO, J. A. Mudanças na circulação atmosférica sobre a América do Sul para cenários futuros de clima projetados pelos modelos globais do IPCC AR4. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 25, n. 1, p. 125-145, mar. 2010.

VENEGAS GONZÁLEZ, A. et al. Sensitivity of tree ring growth to local and large-scale climate variability in a region of Southeastern Brazil. **Theoretical And Applied Climatology**, Viena, v. 123, n.1, p. 233-245, 2016.

VLIET, C. van der. Pinheiro brasileiro plantado de mudas com raízes cortadas. **Anuário Brasileiro de Economia Florestal**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 10, p. 89-102, mar.1958.

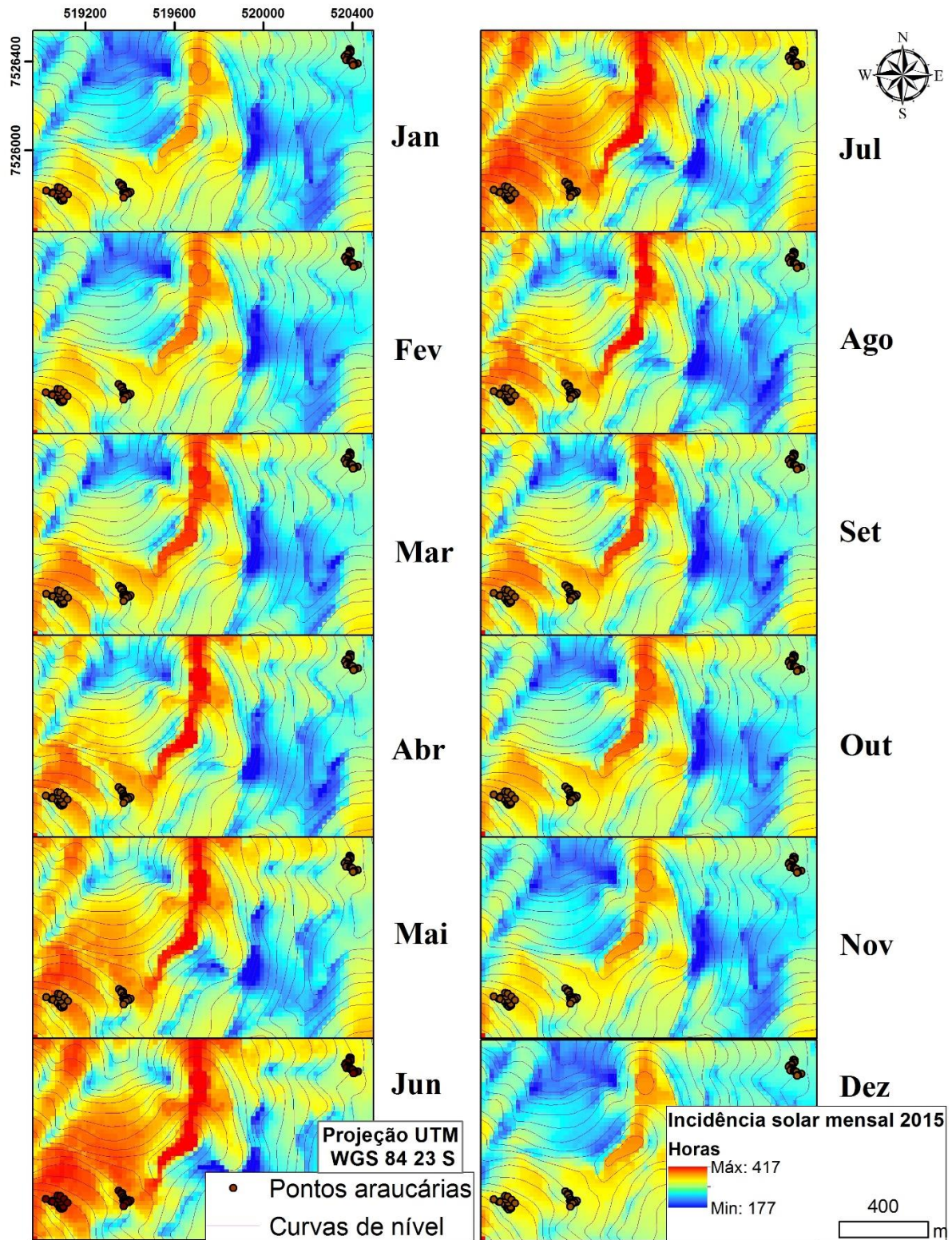
WORBES, M. One hundred years of tree-ring research in the tropics- a brief history and an outlook to future challenges. **Dendrochronologia**, Quebec, v. 20, n.1-2, p. 217-231, 2002.

YATES; D.J.; HUTLEY, L.B. Foliar uptake of water by wet leaves of *Sloanea woollsii* an Australian Subtropical rainforest tree. **Australian Journal of Botany**, Victoria, v.43, p. 157-167, jan.1995.

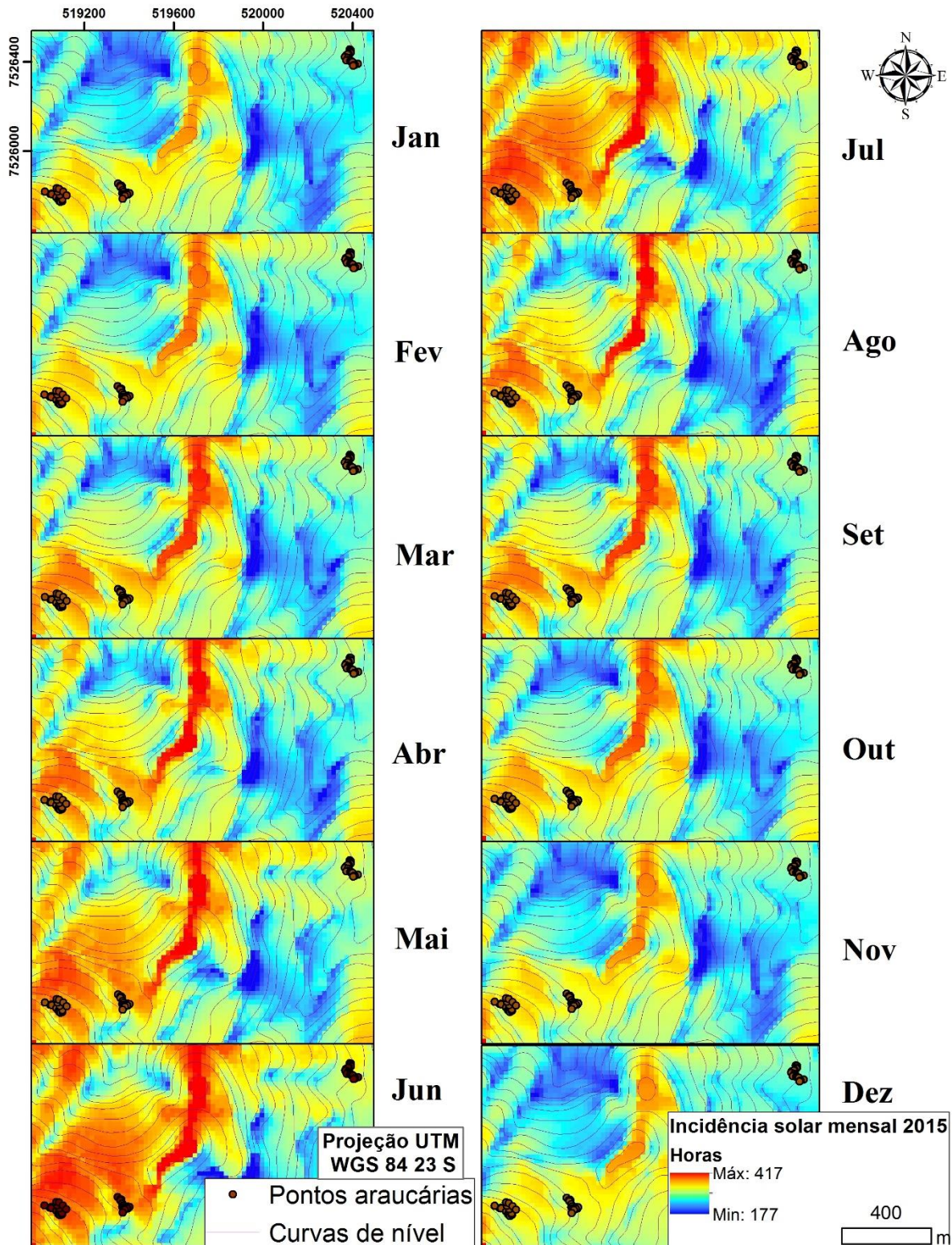
ZANON. M. L. B.; FINGER. C. A. G. Relação de variáveis meteorológicas com o crescimento das árvores de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em povoamentos implantados. **Ciência Florestal**, Santa Maria. v. 20, n. 3, p. 467-476. jul./set. 2010.

ANEXOS

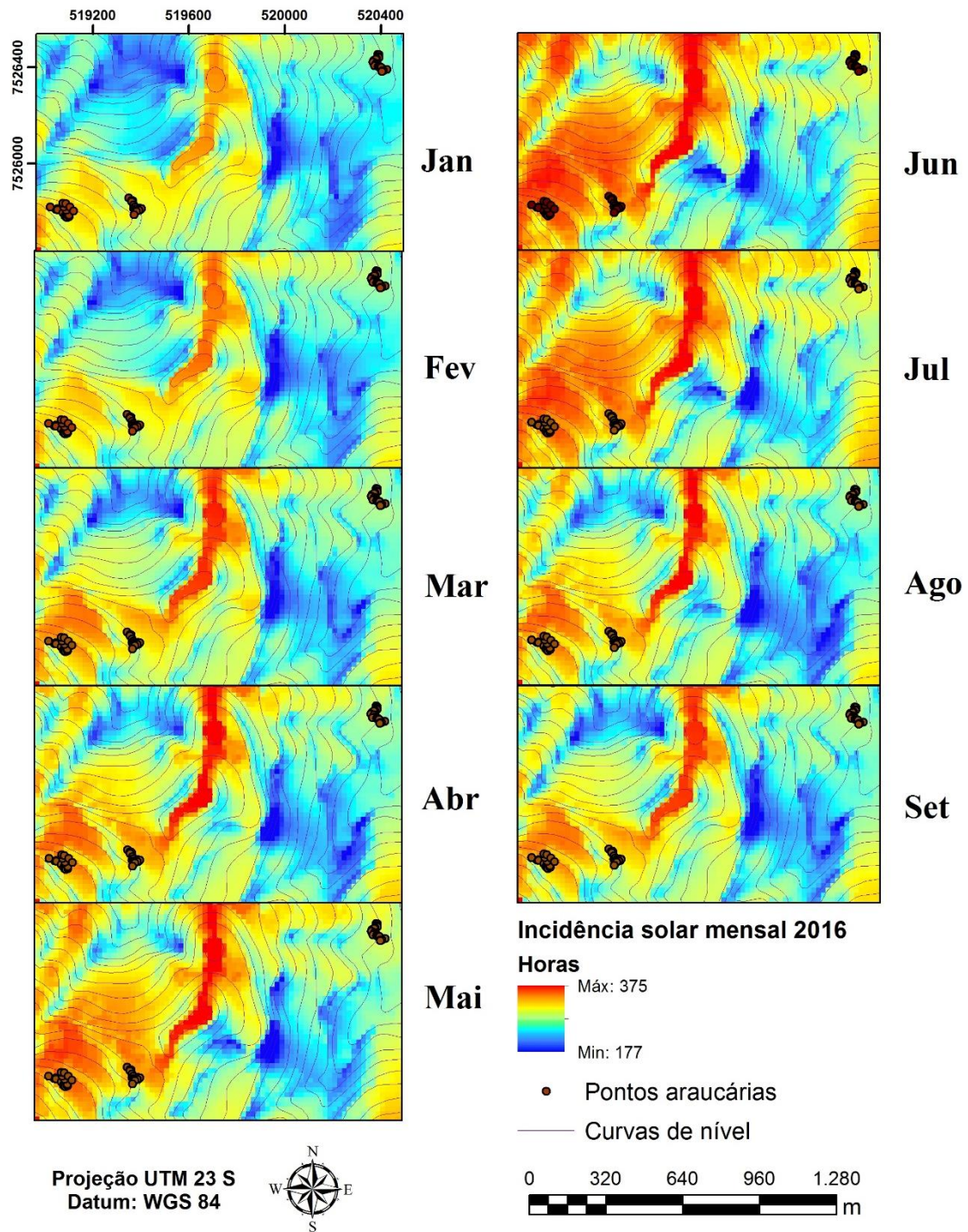
Anexo A-Mapas das horas de incidência solar mensal e de radiação global sobre as áreas onde ocorrem e foram avaliadas as Araucárias na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Altomontana da Serra Fina nos anos de 2014, 2015 e 2016.



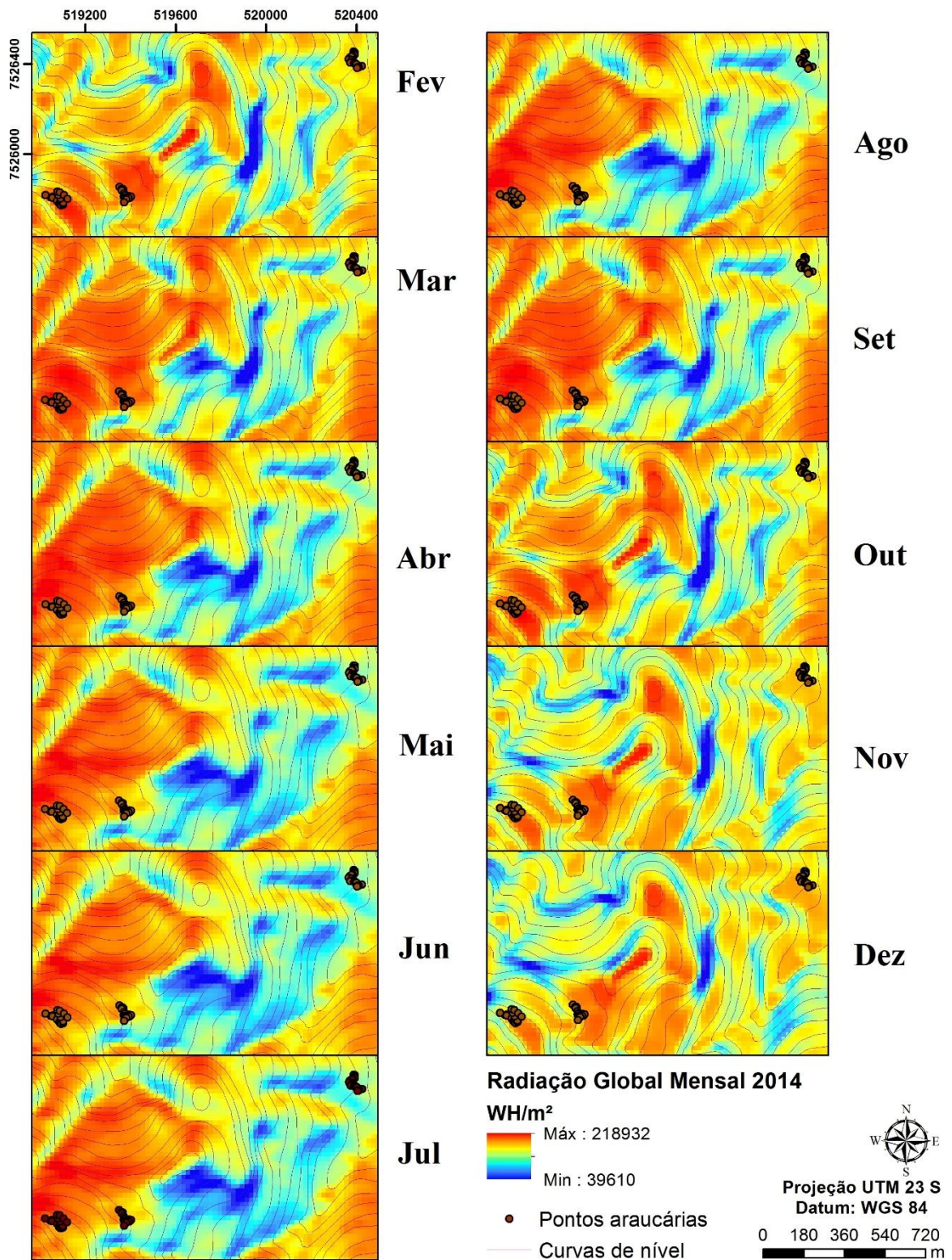
Anexo A-Continuação do mapa anterior, horas de incidência solar mensal no ano de 2015.



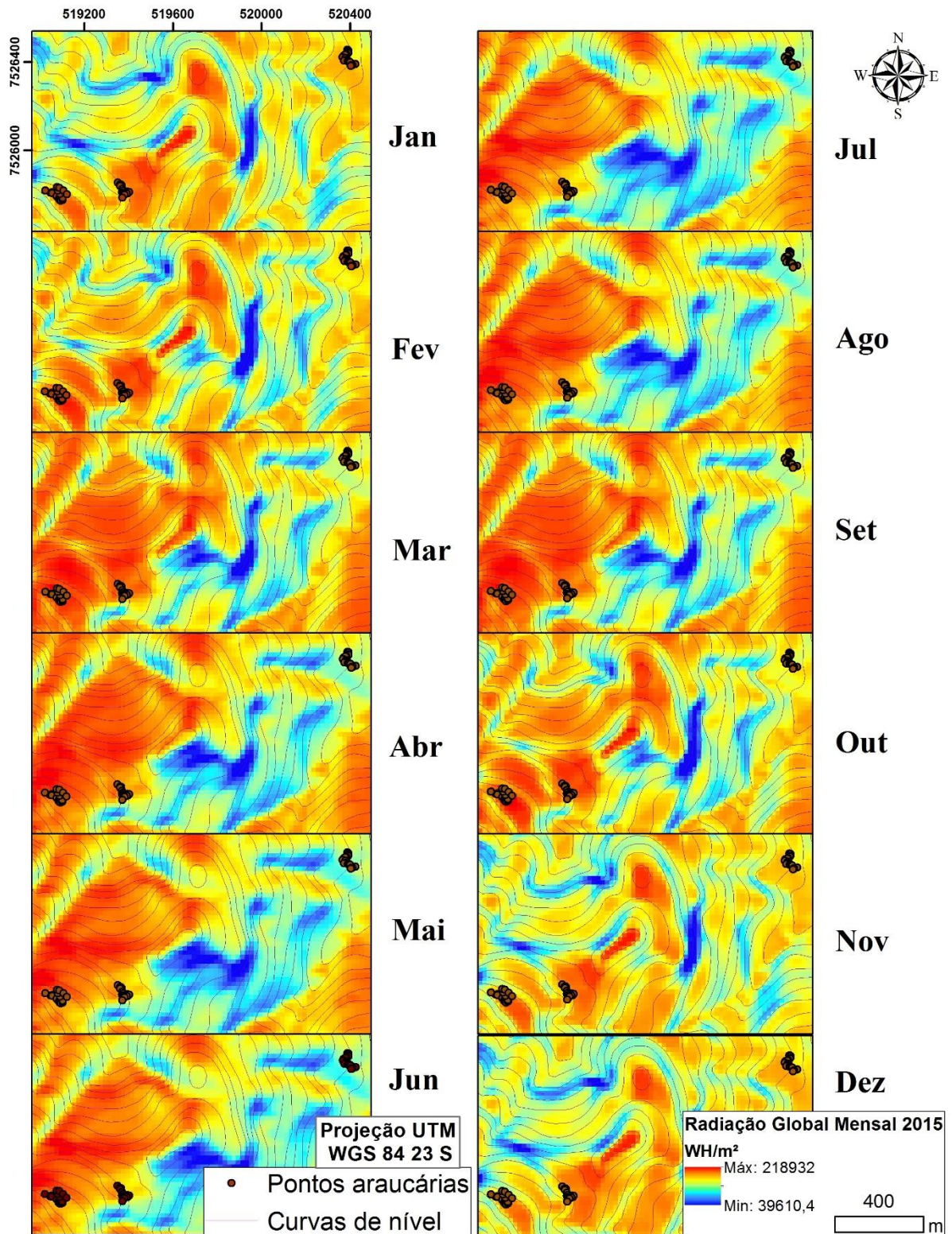
Anexo A-Continuação do mapa anterior, horas de incidência solar mensal no ano de 2016.



Anexo B-Mapas da Radiação global sobre as áreas onde ocorrem e foram avaliadas as Araucárias na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Altomontana da Serra Fina nos anos de 2014, 2015 e 2016.



Anexo B-Continuação do mapa anterior, Radiação global mensal no ano de 2015.



Anexo B-Continuação do mapa anterior, Radiação global mensal no ano de 2016.

