

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

Anna Paula Lora Zimmermann

**SUBSÍDIOS PARA O MANEJO DA REGENERAÇÃO NATURAL DE  
*Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. EM FLORESTA SECUNDÁRIA, RS**

Santa Maria, RS  
2018

**Anna Paula Lora Zimmermann**

**SUBSÍDIOS PARA O MANEJO DA REGENERAÇÃO NATURAL DE *Cabralea*  
*canjerana* (Vell.) Mart. EM FLORESTA SECUNDÁRIA, RS**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Manejo Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Engenharia Florestal**

Orientador: Prof. Dr. Frederico Dimas Fleig

Santa Maria, RS  
2018

**Anna Paula Lora Zimmermann**

**SUBSÍDIOS PARA O MANEJO DA REGENERAÇÃO NATURAL DE *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. EM FLORESTA SECUNDÁRIA, RS**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Manejo Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Engenharia Florestal**

**Aprovado em 21 de fevereiro de 2018:**

---

**Frederico Dimas Fleig, Dr. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)

---

**Luciane Almeri Tabaldi, Dra. (UFSM)**

---

**Maristela Machado Araújo, Dra. (UFSM)**

---

**Evaldo Muñoz Braz, Dr. (EMBRAPA)**

---

**Helio Tonini, Dr. (EMBRAPA)**

Santa Maria, RS

2018

*Este trabalho é dedicado à memória de Inez  
Budel Possebon.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente é necessário agradecer a Deus por ter me dado saúde e coragem para concluir mais esta etapa.

Aos meus familiares pelo incentivo e por estarem sempre ao meu lado me apoiando.

Ao meu orientador Frederico Dimas Feig pela amizade, parceria, dedicação e confiança depositada em mim durante estes quase dez anos de orientação. Por me forçar a enxergar além dos resultados encontrados e me ensinar a compreender que o que a floresta está querendo mostrar está muito além da estatística.

A Sra. Amanda Scherer pela concessão da área de estudo.

Aos membros da banca de qualificação pelas contribuições para a melhoria deste trabalho.

Aos membros da banca de defesa, Hélio Tonini, pela disponibilidade em corrigir esta tese. Gostaria de fazer um agradecimento especial à professora Maristela Machado Araújo, que foi minha primeira orientadora na graduação e me inseriu no mundo da pesquisa. Em especial também a Lu pela amizade e troca de ideias, por sempre achar um tempinho para conversar e sanar minhas dúvidas, em todos os trabalhos que realizamos juntas e por ser um exemplo de profissional a ser seguido. Ao amigo Evaldo Muñoz Braz pelas conversas e troca de experiência que contribuíram tanto para este trabalho quanto para minha carreira.

Com certeza não teria capacidade de realizar este trabalho sem a contribuição de amigos que me auxiliaram na coleta e análise dos dados: David, Thomas, Pierre, Régis, Noé, Gabriel, Cyro, Emanuel, Flávio, Ivo, Victor Carlos, Lorena. Aos demais amigos do Laboratório de Manejo Florestal pela parceria e troca de ideias: Karen, Lorena, Carline, Júnior e Karina. Gostaria de agradecer também a Suelen Carpenedo Aimi, pela amizade que construímos desde a graduação e pelas inúmeras vezes que me auxiliou na coleta e processamento dos dados.

Ao Alexandre Stamm Cirio pelo carinho, apoio e por sempre ter uma palavra de incentivo quando as coisas pareciam dar errado.

A todos os amigos que mesmo sem saber do que este trabalho se trata sempre perguntavam como estavam as canjeranas, se estava dando tudo certo e quando ia terminar o “TCC”.

Ao Duninho, que talvez saiba tanto quanto eu sobre a canjerana, pois se manteve deitado ao lado do computador o tempo todo quando eu estava em casa escrevendo.

Obrigada a todos, de coração! ♥

## RESUMO

### SUBSÍDIOS PARA O MANEJO DA REGENERAÇÃO NATURAL DE *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. EM FLORESTA SECUNDÁRIA, RS

AUTORA: Anna Paula Lora Zimmermann

ORIENTADOR: Frederico Dimas Fleig

*Cabralea canjerana* (canjerana) é uma das espécies mais importantes da Floresta Estacional Decidual do Rio Grande do Sul. Embora tenha sido muito explorada no passado pelo seu uso ou para limpeza de áreas para lavouras, devido ao abandono das áreas agrícolas, atualmente é comum encontrar populações jovens de canjerana sob alta densidade em fragmentos florestais secundários, principalmente sob o dossel, pela espécie pertencer ao grupo das secundárias tardias. Diante disso, os objetivos deste trabalho foi testar a influência da técnica de liberação no crescimento de uma população em estágio de regeneração natural em uma floresta secundária em Silveira Martins, RS, conhecer os motivos porque algumas plantas apresentaram flambagem do fuste após a liberação e verificar a plasticidade morfológica da espécie em diferentes luminosidades. Em uma área de 1925 m<sup>2</sup> foram medidas a altura total e o diâmetro a 10 cm do solo de todas as plantas. A liberação foi realizada por meio de corte raso em uma área de 750 m<sup>2</sup>, onde foram eliminadas todas as espécies diferentes à canjerana. As variáveis diâmetro a 10 cm do solo e altura foram mensuradas anualmente por quatro anos. Na última avaliação, foram mensuradas também as variáveis diâmetro e comprimento da copa, altura de inserção dos galhos e as plantas foram classificadas de acordo com a sua posição sociológica (emergentes e dominadas). O incremento periódico em diâmetro e altura foi superior em plantas liberadas, contudo, a liberação surte maior efeito quando realizada em plantas com até 1 metro de altura. Árvores emergentes apresentaram maiores incrementos que árvores dominadas. A manutenção da competição influenciou a copa das árvores, sendo que árvores não liberadas apresentaram copas mais curtas e estreitas, aumentando a proporção de fuste livre de galhos. A liberação causou flambagem do fuste em algumas árvores, porém estas apresentaram capacidade de reitteração após a poda de condução. A canjerana apresentou características xeromórficas nos folíolos expostos à maior luminosidade, como redução da área foliar, maior espessura do limbo e redução nas dimensões do folíolo. Os padrões de clorofilas *a*, *b* e carotenoides foram semelhantes para todas as condições de luz, evidenciando também a plasticidade fisiológica da espécie e sua capacidade de adaptação às diversas condições de luz.

**Palavras-chave:** Liberação. Flambagem do fuste. Plasticidade. Manejo florestal. Incremento.

## ABSTRACT

### SUBSIDIES FOR MANAGEMENT OF THE NATURAL REGENERATION OF *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. IN SECONDARY FOREST, RS

AUTHOR: Anna Paula Lora Zimmermann

ADVISOR: Frederico Dimas Fleig

*Cabralea canjerana* (canjerana) is one of the most important species of the Deciduous Seasonal Forest of Rio Grande do Sul. Although it has been much exploited in the past by the use of its wood or to clear areas for crops, due to the abandonment of agricultural areas, it is currently common to find young populations of canjerana with high density in secondary forest fragments, mainly under the canopy, by this specie to belong to the late secondary group. On this, the objectives of this work were to test the influence of the release technique on the growth of a population in a natural regeneration stage in a secondary forest in Silveira Martins, RS, to know the reasons why some plants presented buckling of the bole after the liberation and verify the morphological plasticity of the specie in different luminosities. In an area of 1925 m<sup>2</sup> were measured the total height and the diameter at 10 cm of the soil of all the plants of the specie. The release was carried out by means of a clear cut in an area of 750 m<sup>2</sup>, where all species different than canjerana were eliminated. The variables diameter at 10 cm of soil and total height were measured annually for four years. In the last evaluation, were also measured the diameter and length of the crown, height of insertion of the branches and the plants were classified according to their sociological position (emergent and dominated). The periodic increment in diameter and height was higher in liberated plants, however, the release had a greater effect when carried out in plants up to 1 meter in height. Emerging trees showed greater diameter and height increments than dominated trees. The maintenance of the competition influenced the crowns of the trees, with not liberated trees presenting shorter and narrow canopies, increasing the area of the stem without branches. The liberation caused stem buckling in some trees, but these presented a capacity of reiteration after the pruning of conduction. The canjerana has morphometric plasticity showed leaflets exposed to the highest luminosity with xeromorphic characteristics, such as leaf area reduction, greater limbus thickness and reduction of the leaflets dimentions. The chlorophyll *a*, *b* and carotenoid patterns were similar for all light conditions, evidencing also the physiological plasticity of the species and their ability to adapt to different light conditions.

**Keywords:** Liberation. Stem Buckling. Plasticity. Forest Management. Increment.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### REVISÃO DE BIBLIOGRAFIA

Figura 1 - Ocorrência natural da espécie <i>Cabralea canjerana</i> no Brasil e demais países da América Latina .....	16
Figura 2 - Características da espécie <i>Cabralea canjerana</i> : em fase de regeneração natural demonstrando as folhas paripinadas (a); indivíduo adulto da espécie (b); detalhe da madeira avermelhada (c) e da casca acinzentada com fissuras longitudinais (d).....	17
Figura 3 - Características do fruto de <i>Cabralea canjerana</i> fechado (a) e maduro liberando as sementes ariladas (b) .....	18
Figura 4 - Localização da área de estudo no município de Silveira Martins, Rio Grande do Sul e Brasil.....	30
Figura 5 - Localização das Florestas Estacionais Deciduais no estado do Rio Grande do Sul.....	30
Figura 6 - Precipitações no período entre maio de 2013 e maio de 2017 para região de Silveira Martins, RS, conforme dados da estação meteorológica da Universidade Federal de Santa Maria, RS.....	31
Figura 7 - Fisionomia da paisagem da localidade de Val Feltrina, Silveira Martins, RS.....	33
Figura 8 - Vista aérea da localidade de Val Feltrina, Silveira Martins, RS; com a localização (*) e imagens da área de estudo .....	32

### ARTIGO 1

Figura 1 - Ganho de incremento periódico em diâmetro (IPD) e altura (IPH) de árvores de <i>Cabralea canjerana</i> de acordo com a dimensão de altura que possuíam ao serem liberadas em relação às árvores de mesmo tamanho sem liberação.....	50
Figura 2 - Comportamento da taxa de incremento anual em diâmetro (a) e altura (b) de plantas jovens de <i>C. canjerana</i> dominadas e emergentes liberadas e não liberadas.....	52

### ARTIGO 2

Figure 1 - Safety factor ( $d/d_{crit}$ ) of <i>C. canjerana</i> saplings immediately after the liberation (a), and one, two and three years after the liberation (b, c and d, respectively).....	64
Figure 2 - Relationship height-diameter of the not liberated and liberated trees of <i>C. canjerana</i> before (a), one, two and three years after the liberation (b, c and d, respectively).....	65
Figure 3 - Relationship height-diameter for <i>Cabralea canjerana</i> saplings, in a fragment of a Deciduous Seasonal Forest, in Rio Grande do Sul, Brazil. The solid line shows the midpoints of this relationship. The dotted line represents the critical height limits for buckling according to King (1981) and the dashed line represents the redefined limits for the species.....	66

### DISCUSSÃO

Figura 1 - Variações no formato dos folíolos de <i>Cabralea canjerana</i> .....	88
Figura 2 – Distribuição sugerida para as plantas de <i>C. canjerana</i> na área de estudo, onde podem ser visualizados os grupos formados pela dispersão agrupada da espécie (a) e as diferentes densidades estimadas de Kernel (b).....	90
Figura 3 – Árvore de <i>C. canjerana</i> que veio a flambar após a liberação (a) e sua capacidade de reiteração com crescimento normal após a poda de reiteração (b).....	92
Figura 4 – Dimensões finais do fuste e da copa de plantas jovens de <i>Cabralea canjerana</i> liberadas e não liberadas e nas posições sociológicas emergentes e dominadas.....	93

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO 1

Tabela 1 – Correlação de Pearson entre os incrementos periódicos em diâmetro e altura de árvores jovens de *C. canjerana* liberadas e não liberadas e suas variáveis dendrométricas, morfométricas e índices de competição.....49

Tabela 2 – Incremento periódico em altura total e diâmetro e dimensões finais de árvores jovens de *C. canjerana* liberadas e não liberadas em floresta secundária, RS, Brasil.....51

### ARTIGO 2

Table 1 - Descriptive statistics for diameter and total height of the *Cabralea canjerana* trees liberated and not liberated in a secondary forest, RS, Brazil.....63

### ARTIGO 3

Tabela 1 – Valores observados e estatística descritiva das características morfológicas e fisiológicas dos folíolos de árvores jovens de *Cabralea canjerana* em diferentes condições de luz, posições sociológicas e posições na copa.....77

Tabela 2 – Médias das características morfológicas e fisiológicas dos folíolos de *Cabralea canjerana*, sob diferentes condições de luz, posição sociológica e posição na copa.....79

### DISCUSSÃO

Tabela 1 - Incremento periódico em altura e diâmetro de plantas liberadas e não liberadas de *C. canjerana* de acordo com a sua altura inicial.....87

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
1.1 OBJETIVOS .....	11
1.1.1 Objetivo Geral .....	11
1.1.2 Objetivos Específicos. ....	11
<b>2. REVISÃO DE BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>15</b>
2.1 <i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart. ....	15
2.2 MANEJO DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS .....	19
2.3 A LUZ E O CRESCIMENTO DAS ÁRVORES .....	23
2.4 ESTABILIDADE MECÂNICA DE PLANTAS.....	26
2.5 DESCRIÇÃO E HISTÓRICO DE USO DA ÁREA DE ESTUDO.....	29
<b>3. ARTIGO 1 – ACELERAÇÃO DO CRESCIMENTO DE UMA POPULAÇÃO JOVEM DE <i>Cabralea canjerana</i> COM USO DA TÉCNICA DE LIBERAÇÃO .....</b>	<b>444</b>
<b>4. ARTIGO 2 - MECHANICAL STABILITY OF THE <i>Cabralea canjerana</i> SAPLINGS SUBMITTED TO LIBERATION IN SECONDARY FOREST, BRAZIL .....</b>	<b>59</b>
<b>5. ARTIGO 3 - PLASTICIDADE MORFOLÓGICA E FISIOLÓGICA DE ÁRVORES JOVENS DE <i>Cabralea canjerana</i> EM DIFERENTES LUMINOSIDADES.....</b>	<b>73</b>
<b>6. DISCUSSÃO: Considerações silviculturais sobre os efeitos da aplicação da liberação em uma população de <i>C. canjerana</i> em fase de regeneração natural em fragmento de Floresta Estacional Decidual secundário.....</b>	<b>86</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Como forma de preencher os chamados “vazios demográficos”, existentes no sul do Brasil, o governo Imperial passou a incentivar a imigração italiana a partir de 1870. Iludidos com a promessa de que receberiam terra produtivas, os italianos quando aqui chegaram, se depararam com a paisagem da Serra Gaúcha, considerada inviável para a atividade pecuarista pelo governo Imperial.

Além das dificuldades de locomoção e isolamento da região onde foram instalados, outro grande desafio encontrado pelos imigrantes foi o fato de que as terras onde foram instalados eram recobertas por mata virgem (MACHADO, 1999). Assim, as florestas foram sendo desmatadas para abertura de estradas e ocupação e passaram a ser substituídas por áreas de lavoura para produção de alimentos.

A conversão de terras para agricultura juntamente com a extração madeireira, com foco meramente extrativista, sem nenhuma preocupação com a produção futura, contribuiu para a grande percentagem de florestas secundárias encontradas atualmente no Rio Grande do Sul. De acordo com Brown e Lugo (1990), estes fatores, juntamente com as queimadas e o abandono de culturas permanentes sobre áreas florestais são as principais causas antrópicas que contribuem para o aumento da área de florestas secundárias. Conforme Akindele e Onyekwelu (2011), florestas secundárias são aquelas que se desenvolvem sob áreas de florestas primárias, após estas sofrerem fortes perturbações ou corte raso.

Embora a área de florestas secundárias venha crescendo mundialmente, e em alguns países sua área já supere a área de florestas primárias (FAO, 2005), esta conversão não é alarmante, pois não significa a perda de biodiversidade, mas sim a substituição de um tipo de floresta por outro (JONG et al., 2001).

Apesar de parecerem ecossistemas deficitários, as florestas secundárias realizam diversos serviços ambientais em proporções iguais ou superiores à floresta primária. Chazdon et al. (2016), por exemplo, concluíram que uma floresta secundária é capaz de captar 11 vezes mais carbono que uma floresta estagnada na Amazônia, devido a sua maior atividade fotossintética. As florestas secundárias colaboram ainda com a recuperação dos serviços hidrológicos, reduzem a perda potencial de nutrientes por erosão e lixiviação do solo, auxiliam na mitigação das mudanças climáticas (NOBRE; NOBRE, 2002). Além disso, possuem papel importante na manutenção estrutural e funcional da biodiversidade e se apresentam como fontes essenciais de madeira e produtos não madeireiros, capazes de sustentar um número muito grande de pessoas que dependem da floresta.

Ainda que a taxa de regeneração florestal desta vegetação não seja considerada capaz de substituir as matas primárias em relação a composição florística e estrutura, as florestas secundárias são capazes de oferecer ambiente adequado a diversas espécies florestais (CHAZDON et al., 2009; DENT; WRIGHT, 2009). Barlow et al. (2007) encontraram alta diversidade e riqueza em vários grupos taxonômicos em uma floresta secundária no Amapá. Vieira et al. (1996) identificaram cerca de 150 espécies em uma área em estágio de capoeira no estado do Pará, ratificando o papel destas tipologias na manutenção da biodiversidade.

Mesmo com inúmeras ações e políticas anti-desmatamento, estima-se que do bioma Mata Atlântica, o qual originalmente ocupava cerca de 13.857.127 hectares, restem apenas 7,9% livres de intervenção antrópica no RS (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2016). Dentre as formações florestais da Mata Atlântica presentes no Rio Grande do Sul está a Floresta Estacional Decidual, que possui como característica marcante o fato de que mais de 50% de suas espécies do dossel apresentam-se caducifólias no período de seca ou frio (LEITE; KLEIN, 1990). Esta tipologia florestal também sofreu intensa exploração no passado e conforme inventário florestal realizado pela SEMA (2002), foi estimado que a Floresta Estacional Decidual representava somente 4,16% da cobertura vegetal do estado, distribuída em pequenas manchas fragmentadas de florestas secundárias.

Não há uma elevada diversidade de espécies na Floresta Estacional Decidual, mas há expressiva presença de espécies de interesse comercial como *Cedrela fissilis* Vell., *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan, *Nectandra* sp., *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart., entre outras. *Cabralea canjerana* é uma das espécies mais importantes da Floresta Estacional Decidual do Sul do Brasil. A madeira é considerada uma das mais valiosas encontradas na região, devido à sua coloração avermelhada, ótima qualidade e resistência ao ataque de organismos de decomposição (CARVALHO, 1994), sendo muito utilizada na construção civil, fabricação de dormentes, indústria moveleira, além de carpintaria e esculturas (LONGHI, 1995).

Devido as suas características satisfatórias e amplo uso, esta espécie também sofreu grande exploração no passado, tendo sua população reduzida; sendo considerada como espécie vulnerável à extinção (FERREIRA et al., 2005). Contudo, estudos recentes realizados em formações secundárias mostram sinais favoráveis à espécie. Em seus trabalhos, Brena e Longhi (2002); Schüsler (2006); Campos e Landgraf, (2001); Nóbrega et al. (2008) e Zimmermann (2014) encontraram alta densidade de indivíduos, principalmente nas classes de regeneração natural.

A presença de espécies de interesse em florestas secundárias com dimensões desejáveis aumenta a possibilidade de manejo florestal nestas áreas, tornando-o atraente aos pequenos produtores, pela geração de renda em intervalos relativamente curtos (FANTINI; SIMINSKI, 2011). Conforme Gómez et al. (2012), áreas degradadas que conseguiram se reestabelecer, necessitam de intervenções para recuperar sua capacidade produtiva. Desta forma, faz-se necessário obter informações sobre a dinâmica destes ecossistemas, a fim de subsidiar os planos e práticas de manejo florestal.

Para Fantini e Siminski (2016), o manejo de florestas secundárias pode ser definido basicamente como o manejo da regeneração natural das espécies de interesse. Contudo, um dos grandes desafios é compreender o processo de regeneração natural nestas áreas (GUARIGUATA; OSTERAG, 2001) e manipular a abertura do dossel para que esta seja capaz de estimular o crescimento das espécies de interesse sem favorecer a disseminação de invasoras (FREITAS et al., 2004).

A colheita de árvores maduras é uma técnica necessária em florestas secundárias, uma vez que se não retiradas, morrerão naturalmente sem aproveitamento destes recursos pelo pequeno produtor. Além disso, a abertura de clareiras originadas da colheita aumenta a disponibilidade de luz no solo da floresta, dando continuidade ao processo de sucessão.

A sucessão secundária pode ser entendida como o processo de abertura e fechamento de clareiras. É a partir do gradiente de luz formado que as espécies de diferentes grupos ecológicos colonizarão a área, dando continuidade ao processo de sucessão. Esta variação de luminosidade requer que as espécies adotem estratégias para aumentar ou diminuir a radiação captada, uma vez que são expostas a diferentes intensidades luminosas ao longo do seu ciclo de vida (RIJKERS; PONS; BONGERS, 2000).

A plasticidade morfofisiológica desempenha um papel fundamental na alocação de recursos para as plantas em ambientes heterogêneos. A folha é o órgão de maior plasticidade e adaptabilidade da árvore (MENDES; PAVIANI, 1997) e sua morfologia pode ser utilizada para elucidar diversas lacunas ecológicas (TRAISER et al., 2005). Características da folha, como a área foliar, são capazes de refletir a condição de toda a planta (TSIALTAS; MASLARIS, 2007) e a influência da umidade e radiação solar podem ser conhecidas a partir da morfologia foliar (CESCATTI; ZORER, 2003; LIAO et al., 2007).

A otimização da disponibilidade de luz para a regeneração natural e para espécies comerciais remanescentes na floresta, visa aumentar o ritmo de crescimento das árvores, em razão da maior disponibilidade de luz, e com isso obter ciclos de corte mais curtos (SMITH, 1986; PAQUETTE; BOUCHARD; COGLIASTRO, 2007). Entretanto, os efeitos do aumento

da luminosidade podem diferir de acordo com os traços fisiológicos da espécie e de sua capacidade adaptativa (VAN KUIJK et al., 2014).

O método de liberação é bastante utilizado para aumentar o incremento de árvores de interesse e agilizar o processo de sucessão. Ele consiste na retirada de árvores concorrentes à árvore objetivo ou partes delas (DUNCAN; CHAPMAN, 2003). A diminuição da concorrência, principalmente por luz, estimula o crescimento das árvores individuais liberadas diminuindo seu ciclo de corte.

Se por um lado a liberação estimula o incremento de árvores de interesse, por outro o desenvolvimento de cipós e espécies invasoras também é beneficiado (CHAPMAN et al., 2002). Além disso, a liberação de árvores as expõe a condições distintas daquelas as quais elas estavam aclimatadas, deixando-as mais suscetíveis a ações externas, como a gravidade, o vento e o peso de seu próprio eixo (SCHNEIDER, 2008). Assim, as árvores que não possuem equilíbrio entre a fonte e o dreno, podem vir a apresentar flambagem do fuste. Flambagem foi a melhor tradução encontrada para o termo *stem buckling* e diferencia-se do tombamento pois não há exposição das raízes, sendo somente verificado a inclinação do caule em direção ao solo.

Diante disto, este trabalho tem como objetivo geral e específicos:

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Esta pesquisa possui como objetivo geral analisar a influência da liberação no crescimento, estabilidade mecânica e morfologia foliar em uma população em fase de regeneração natural de *Cabralea canjerana*, em um fragmento de Floresta Estacional Decidual secundário, no município de Silveira Martins, RS.

### 1.1.2 Objetivos Específicos:

- Artigo 1 - Analisar a influência da liberação no incremento periódico em diâmetro e altura e na morfometria da copa de uma população jovem de *Cabralea canjerana* em uma floresta secundária;
- Artigo 2 - Conhecer as possíveis causas de flambagem do fuste de algumas plantas após a liberação, verificar a influência desta técnica de manejo na estabilidade e fator de segurança das

árvores liberadas e classificar a população analisada em um dos modelos de Design Mecânico proposto na literatura;

- Artigo 3 – Verificar a plasticidade morfológica e fisiológica de folíolos de plantas jovens de *Cabralea canjerana* expostas a diferentes luminosidades.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKINDELE, S.O.; ONYEKWELU, J. C. **Silviculture in secondary forests**. In: GÜNTER, S. et al. (ed). *Silviculture in the Tropics*. Berlin: Springer-Verlag. p. 351 – 367, 2011.

BARLOW, T. A. et al. Quantifying the biodiversity value of tropical primary, secondary, and plantation forests. **PNAS**. v.104, n.47, p.18555-18560, 2007.

BRENA, D. A.; LONGHI, S. J. **Inventário florestal da Quarta Colônia**. In: ITAQUI, J. Quarta Colônia: inventário técnico da flora e da fauna Santa Maria: Condesus Quarta Colônia, p. 47-73, 2002.

BROW, S.; LUGO, A. E. Tropical Secondary Forest. **Journal Tropical Ecology**, v.1, n.6, p. 1-32, 1990.

CAMPOS, J. C.; LANDGRAF, P. R. C. Análise da regeneração natural de espécies florestais em matas ciliares de acordo com a distância da margem do lago. **Ciência Florestal**, v. 11, n. 2, p. 143-15, 2001.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Brasília: EMBRAPA/CNPQ, 1994. 640p.

CESCATTI, A.; ZORER, R. Structural acclimation and radiation regime of silver fir (*Abies alba* Mill.) shoots along a light gradient. **Plant, Cell and Environment**, n. 26, p.429–442, 2003.

CHAPMAN, C. A. et al. “Does Weeding Promote Regeneration of an Indigenous Tree Community in Felled Pine Plantations in Uganda?”. **Restoration Ecology**, v.10, n.2, p.408–415, 2002.

CHAZDON, R. L. et al. The potential for species conservation in tropical secondary forests. **Conservation Biology**, v.6, n.23, p.1406-1417, 2009.

CHAZDON, R. L. et al. Carbon sequestration potential of second-growth forest regeneration in the Latin American tropics. **Science Advances**, v.2, n.5, 2016.

DENT, D. H.; WRIGHT, J. The future of tropical species in secondary forests: a quantitative review. **Biological Conservation**, v.12, n.142, p.2833-2843, 2009.

DUNCAN, R. S.; CHAPMAN, C. A. Tree-shrub interactions during early secondary forest succession in Uganda. **Restoration Ecology**, n.11, p.198–207, 2003.

FANTINI, A. C.; SIMINSKI, A. **Espécies madeireiras nativas da região Sul do Brasil**. In: CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. (Ed.). Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro – região Sul. Brasília: MMA, p. 403-413, 2011.

FANTINI, A. C.; SIMINSKI, A. Manejo de florestas secundárias da Mata Atlântica para produção de madeira: possível e desejável. **RBPG**, Brasília, v.13, n.32, p. 673 - 698, set./dez. 2016.

FAO. **Global forest resources assessment**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2005.

FERREIRA, E. A. et al. Desenvolvimento de mudas de canjerana (*Cabralea canjerana*) em diferentes tipos de substrato. **Anais...** 57ª Reunião Anual da SBPC - Fortaleza, CE, 2005.

FREITAS, J. V. **Improving tree selection for felling and retention in natural forest in Amazônia through spatial control and targeted seed tree retention: a case study of a forest management project in Amazonas state, Brazil**. Thesis - Doctor of Philosophy, University of Aberdeen, Scotland, 2004.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA / INPE. **Atlas dos Remanescentes da Mata Atlântica**. Disponível em: <https://www.sosma.org.br/105066/mg-volta-liderar-ranking-de-desmatamento-da-mata-atlantica/>. Acesso em 29/08/2016.

GÓMEZ, C. et al. Efectos de diferentes intensidades y métodos de corta sobre la regeneración del Bosque Alto del Chaco Húmedo. **Quebracho** (Santiago del Estero) [online], v.20, n.2, p. 60-67, 2012.

GUARIGUATA, M. R.; OSTERTAG, R. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.148, p.185-206, 2001.

JONG, W. et al. Secondary Forest dynamics in the Amazon floodplain in Peru. **Forest Ecology and Management**, n.150, p.135-146, 2001.

LEITE, P. F.; KLEIN, R. M. **Vegetação**. In: IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Geografia do Brasil: Região Sul. Rio de Janeiro, 1990. p.113-150.

LIAO, J. X. et al. Leaf traits of natural populations of *Adiantum reniforme* var. *sinensis*, endemic to the Three Gorges region in China. **Photosynthetica**, n.45, p.541–546, 2007.

LONGHI, R. A. **Livro das árvores e arvoretas do sul**. Porto Alegre: L&PM, 1995. p. 51-52.

MACHADO, P. P. Política de colonização do Império. Porto Alegre: Ed. Universidade / UFRGS, 1999.

MENDES, I. C.; PAVIANI, T. I. Morfoanatomia comparada de folhas do par vicariante *Plathymenia foliolosa* Benth e *Plathymenia variegata* Benth. (Leguminosae – Mimosoideae) **Revista Brasileira de Botânica**, v.20, p.185-195, 1997.

NOBRE, C.A.; NOBRE, A. D. The carbon balance of brazilian amazon. **Estudos Avançados**, v.45, n.16, p.81-90. 2002.

NÓBREGA, A. M. F. et al. Regeneração naturais dos Remanescentes Florestais e áreas reflorestadas da várzea do rio Mogi-Guaçu, Luiz Antônio-SP. **Revista Árvore**, n.32, p.909–920, 2008.

PAQUETTE, A.; BOUCHARD, A.; COGLIASTRO, A. A less restrictive technique for the estimation of understory light under variable weather conditions. **Forest Ecology and Management**, n.242, p.800-804, 2007.

RIJKERS, T.; PONS T. L.; BONGERS, F. The effect of tree height and light availability on photosynthetic leaf traits of four neotropical species differing in shade tolerance. **Functional Ecology**, v.14, n.1, p.77-86, 2000.

SCHNEIDER, P. R. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria: FACOS-UFSM, 2008.

SCHÜSSLER, G. **Dinâmica populacional e aspectos da regeneração natural de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. (Meliaceae) em uma zona de contato entre as florestas ombrófilas montanas, RS**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

SEMA. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. **Inventário florestal contínuo do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FATEC/SEMA, 2002. Disponível em: [www.ufsm.br/ifcrs](http://www.ufsm.br/ifcrs). Acesso em: 17/12/2015.

SMITH, D. M., 1986. **The Practice of Silviculture**, eighth ed. John Wiley, New York, 527 pp.

TSIALTAS, J. T.; MASLARIS, N. Leaf shape and its relationship with leaf area index in a sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivar. **Photosynthetica**, n.45, p.527–532, 2007.

TRAISSER, C. et al. Environmental signals from leaves: a physiognomic analysis of European vegetation. **New Phytologist Journal**, n.166, p.465–84, 2005.

VAN KUIJK, V. M. et al. Stimulating seedling growth in early stages of secondary forest succession: a modeling approach to guide tree liberation. **Frontiers in Plant Science**, n.5, 2014.

VIEIRA, I. C. G. et al. O Renascimento da floresta no rastro da agricultura. **Ciência Hoje**, n.119 p.38-44, 1996.

ZIMMERMANN, A. P. L. **Dispersão efetiva e padrão espacial da regeneração natural de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Santa Maria, 2014, 78 p.

## 2. REVISÃO DE BIBLIOGRAFIA

### 2.1 *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart.

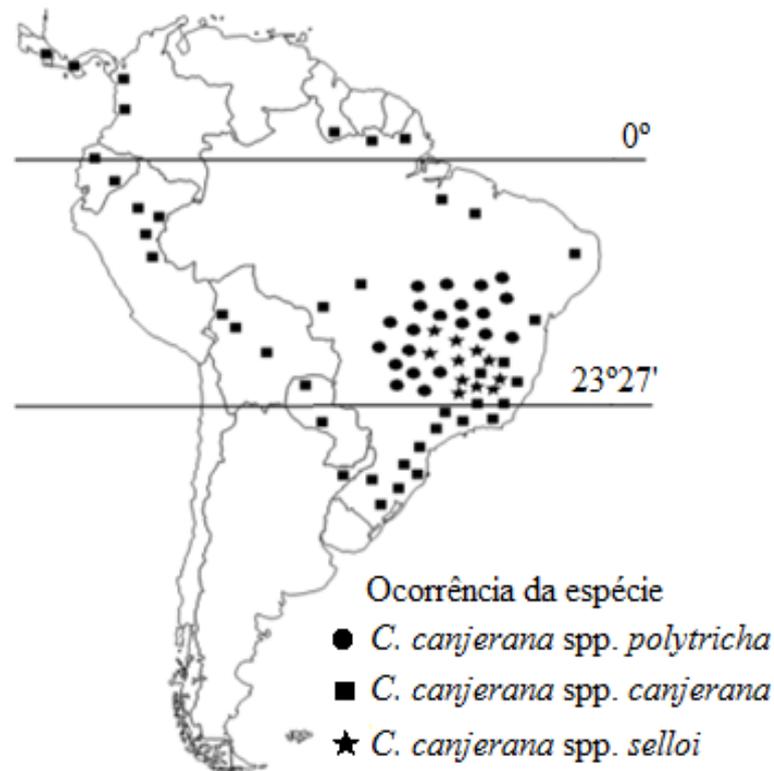
A família Meliaceae, por apresentar inúmeras espécies nobres de alto interesse comercial, destaca-se como uma das mais importantes famílias botânicas no mundo inteiro (MUELLNER et al., 2003). São espécies consideradas de grande potencial para arborização urbana e possuem compostos ativos secundários chamados meliacinas, que podem ser utilizados como ação inseticida (GREGER et al., 2001), fungicida (ENGELMEIER et al., 2000) e bactericida (ABOUTABL et al., 2000).

Cerca de 1400 espécies pertencentes a aproximadamente 50 gêneros distribuem-se principalmente entre os trópicos (GOUVÊA, 2005). No Brasil, ocorrem naturalmente as subfamílias Melioideae e Swietenioideae, sete gêneros e oitenta e seis espécies, distribuídas maioritariamente no domínio fitogeográfico da Amazônia. Dentre eles estão: *Cabralea* (canjerana), *Carapa* (andiroba), *Cedrela* (cedro), *Guarea* (catiguá), *Trichilia* (pau-ervilha) e *Swietenia* (mogno) (PENNINGTON, 1981; STEFANO; CALAZANS; SAKURAGUI, 2013).

A espécie *Cabralea canjerana* é a única espécie que compõe o seu gênero (CARVALHO, 1994). No Brasil ocorrem três subespécies: *Cabralea canjerana* ssp. *canjerana*, de porte arbóreo e ocorrência em matas de galeria e florestas de todo o país; *Cabralea canjerana* ssp. *polytricha*, de porte arbustivo e restrita a regiões do cerrado e campos de Minas Gerais e Goiás; e *Cabralea canjerana* ssp. *selloi*, arbustiva e de ocorrência em áreas continentais de solos pobres e clima quente e seco (BARREIROS; SOUZA, 1986). *Cabralea canjerana* ssp. *canjerana* é a espécie mais estudada devido a sua maior ocorrência, e, segundo Carvalho (2003), desenvolve-se melhor em sítios férteis, profundos, com boa drenagem e grande disponibilidade de água.

A ampla distribuição geográfica da canjerana vai desde a Costa Rica até o norte da Argentina, e no Brasil pode ser encontrada em quase todo o estado do Rio Grande do Sul (Figura 1), sendo abundante nas florestas da Serra Geral, na região da Depressão Central (REITZ; KLEIN; REIS, 1983). É uma espécie característica da Floresta Estacional Decidual, onde ocorre amplamente e possui expressiva dispersão. Pode também ser observada em áreas de Floresta Ombrófila Mista assim como nas matas subtropicais das Bacias do Paraná e Uruguai (BACKES; IRGANG, 2002).

Figura 1 - Ocorrência natural da espécie *Cabralea canjerana* no Brasil e demais países da América Latina



Fonte: Adaptado de CARVALHO (2002)

A canjerana é conhecida como a “árvore da madeira vermelha”, e sua coloração em tons avermelhados com cerne arroxeadado aumenta ainda mais o seu valor comercial (Figura 2c). A madeira é valiosa e de alta durabilidade, boa aparência, de densidade média e muito resistente à umidade e ao ataque de fungos e insetos. É altamente desejada pela indústria moveleira, além de sua utilização na fabricação de caixas, embalagens, obras de entalhe, construção civil e naval, acabamentos internos, esquadrias, entre outros. Além disso, a espécie possui grande potencial paisagístico (LORENZI, 1992).

Possui porte arbóreo e pode atingir até 30 m de altura e 120 cm de diâmetro a altura do peito (dap). Seu tronco é cilíndrico, levemente tortuoso; e curto, de aproximadamente 13 metros de comprimento (Figura 2b) (REITZ; KLEIN; REIS, 1988). A copa é vistosa, larga e arredondada, variando entre 1,0 a 10,40 m de diâmetro (DURLO; DERNARDI, 1998). A coloração da casca externa é predominantemente cinza, com fissuras longitudinais e escamas irregulares (Figura 2d). Internamente, a casca é esbranquiçada, resinosa, com aroma característico e paladar amargo (IVANCHECHEN, 1988).

Estudando as características morfométricas, Durlo e Denardi (1998) concluíram que a copa de *C. canjerana* é cerca de 20 vezes maior que seu diâmetro a altura do peito. Assim, segundo os autores, é possível manter em um hectare 110 indivíduos da espécie com 50 cm de diâmetro, sem que haja competição entre os mesmos.

Figura 2 - Características da espécie *Cabralea canjerana*: em fase de regeneração natural demonstrando as folhas paripinadas (a); indivíduo adulto da espécie (b); detalhe da madeira avermelhada (c) e da casca acinzentada com fissuras longitudinais (d)



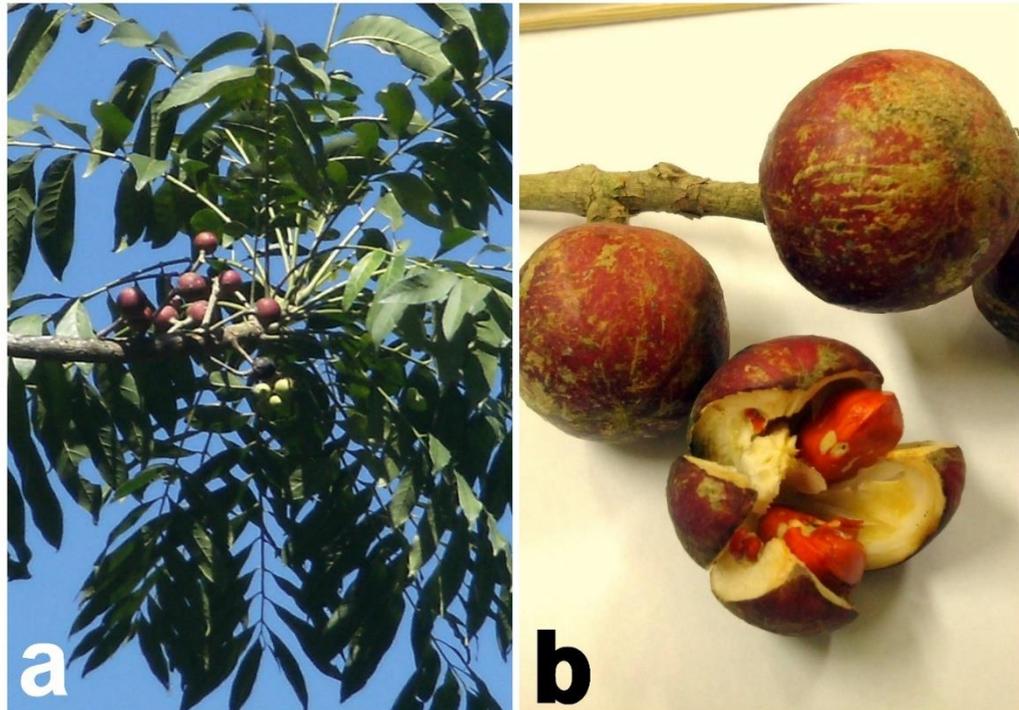
Fonte: A autora (2018)

As folhas são opostas, compostas e geralmente paripinadas e devido a sua ampla distribuição, podem ocorrer variações quanto ao seu tamanho (Figura 2a). As inflorescências são brancas e amarelas, de tamanhos variados com flores aromáticas e melíferas (RAMOS et al., 1991). Os frutos são do tipo cápsula globosa e contém de uma a dez sementes que, quando maduras, são envoltas por tegumento ariloide vermelho-alaranjado macio e carnoso (CARVALHO, 2003) (Figura 3a e 3b).

A canjerana, por apresentar arilo suculento e coloração atrativa, a canjerana é dispersa quase que exclusivamente por pássaros, que, durante sua alimentação, deixam as sementes cair em micro sítios propícios para germinação, promovendo o estabelecimento de plântulas. Por

apresentarem dispersão zoocórica, o padrão de distribuição de *C. canjerana* é do tipo agregado, uma vez que as aves utilizam árvores de maiores dimensões como poleiros e acabam depositando as sementes sob suas copas (ZIMMERMANN; LIRA; FLEIG, 2014).

Figura 3 - Características do fruto de *Cabralea canjerana* fechado (a) e maduro liberando as sementes ariladas (b)



Fonte: A autora (2018)

O tamanho avantajado da semente torna a dispersão restrita a pássaros maiores (PIZO, 1997) e o hábito de voo destes dispersores influencia na distância de dispersão das sementes. Em fragmento de Floresta Estacional Decidual, Zimmermann, Fleig e Marangon (2015) concluíram que as sementes de *C. canjerana* são dispersas efetivamente a um raio de 30 metros de distância das árvores matrizes.

Dentre os trabalhos publicados na literatura, os quais analisaram a interação de *C. canjerana* com pássaros frugívoros, as espécies que mais foram citadas alimentando-se ou visitando indivíduos de canjerana foram: *Tyrannus savana* (Tesourinha) (FUZETO; LOMÔNACO, 2000; PIZO, 1997); *Pitangus sulphuratus* (Bem-te-vi) (FUZETO; LOMÔNACO, 2000; GALETTI; PIZO, 1996; MARENZI, 2004); *Turdus rufiventris* (Sabiá-laranjeira) (MARENZI, 2004).

Suas sementes não apresentam dormência e são altamente recalcitrantes, sendo intolerantes à perda de água. Por esse motivo, o ambiente deve estar em perfeitas condições para que a germinação ocorra de forma rápida, visto que, segundo Pizo (1995), as sementes perdem a viabilidade em pouco tempo além de ser intensamente atacadas por roedores e insetos predadores, devido a presença do arilo.

Quanto ao seu grupo sucessional, a espécie pode ser classificada como pioneira (SOUSA-SILVA et al., 1999), secundária tardia (DURIGAN; NOGUEIRA, 1990; VACCARO; LONGHI; BRENA, 1999) ou clímax tolerante à sombra (RONDON NETO et al., 1999). Geralmente, a canjerana ocupa posição intermediária no dossel da floresta, onde é raramente dominante ou emergente, podendo chegar a 300 anos de idade (COSTA; MANTOVANI, 1992). É uma espécie presente na vegetação secundária, principalmente em capoeirões (CARVALHO, 2003).

Na literatura é possível encontrar trabalhos que buscam investigar o comportamento da espécie quanto à disponibilidade de luz. Entretanto, estes resultados, mesmo que importantes ao manejo da espécie, são somente para fase de desenvolvimento inicial, como o de Silva e Schorn (2005) que concluíram que as mudas de *C. canjerana* desenvolveram-se melhor em altura e diâmetro nos tratamentos que propiciavam 25 e 50% de luminosidade às plantas, respectivamente. Aimi (2014) recomenda que as mudas da espécie sejam plantadas a campo com 50% de sombreamento, como em áreas de sub-bosque com abertura parcial do dossel nos primeiros anos de plantio. Estes resultados corroboram o fato de que na fase inicial *C. canjerana* necessita de sombreamento parcial, com aumento gradativo de abertura do dossel; exigência ecológica de espécies do grupo das secundárias tardias.

## 2.2 MANEJO DE FLORESTAS SECUNDÁRIAS

Gomez-Pompa e Vásquez-Yanes (1974) já afirmavam, desde meados da década de 70, que estamos vivendo a “era das florestas secundárias”, devido ao aumento da proporção desses ecossistemas em relação às florestas primárias. De acordo com a FAO (2005), somente durante a década de 90, cerca de 15,2 milhões de hectares por ano foram convertidos em florestas secundárias no mundo. Em alguns países como Bolívia, Costa Rica, Equador e Moçambique, a área coberta por florestas secundárias já supera a área de florestas primárias. Entretanto, se por um lado estes dados parecem alarmantes, por outro, demonstram que a capacidade de regeneração destas florestas está garantindo a substituição de um tipo de floresta por outro (JONG et al., 2001).

O termo floresta secundária se refere àquelas florestas sucessionais que se desenvolvem em locais onde houve a remoção ou forte perturbação da floresta primária (CHOKKALINGAN; JONG, 2001). Em um contexto mais claro, é a vegetação lenhosa que cresce em uma área cuja floresta original foi fortemente perturbada (AKINDELE; ONYEKWELU, 2011).

Lamprecht (1990) define que a estrutura das florestas secundárias em relação à floresta primária, possui como principais características a alta densidade de árvores com dap menor que 10 cm, o que ocasiona também menor área basal e volume total de madeira, baixa riqueza de espécies e ausência de espécies de valor comercial madeireiro. Entretanto, a importância das florestas secundárias tem sido reconhecida nos últimos anos, não só pela extensão territorial que estes ecossistemas recobrem, como também pelo seu papel na conservação da biodiversidade (ADAMS et al., 2013; VAN VLIET et al., 2013).

Muitas são as classificações de floresta secundária nos termos atuais, tanto na literatura, como na percepção das pessoas (EMRICH; POKORNY; SEPP, 2000). De acordo com Akindele e Onyekwelu (2011), existem diferentes tipos de florestas secundárias no mundo, devido aos diferentes processos de remoção da floresta primária, com padrões regionais de perturbação e uso da terra. Devido ao histórico de ocupação, as florestas secundárias do Rio Grande do Sul são caracterizadas por se desenvolverem em pequenas áreas, onde no passado eram cultivadas lavouras de subsistência. Além disso, são florestas jovens que foram abandonadas em um passado recente.

Embora ainda não haja um consentimento entre pesquisadores da área sobre o conceito de floresta secundária, diversos autores concordam que a principal causa do desmatamento nos tópicos é conversão de florestas em áreas para pecuária e agricultura (CASTRO, 2005; MARGULIS, 2003). Mesmo que fenômenos naturais possam ocasionar estragos significantes em florestas maduras, as alterações de origem antrópica, como pastoreio, extração de madeira, queimadas e o posterior abandono de culturas perenes são as principais causas da conversão de florestas primárias em florestas secundárias (RICHARDS, 1996).

Estes processos provocam danos ambientais severos, com drástica redução da biodiversidade (HOUGHTON, 1991) e dependendo do grau de devastação, o desmatamento causa um retorno da área a uma condição inicial na linha do tempo da sucessão florestal. Sucessão secundária é um processo contínuo, o qual as florestas tropicais possuem como mecanismo para se recuperarem de perturbações. Esta recuperação ocorre após a formação de uma clareira pela queda de uma árvore ou em vários hectares de floresta desmatada e abandonada (GOMEZ-POMPA; VÁSQUES-YANES, 1981).

A sucessão secundária inicia quando estas clareiras passam a ser ocupadas por grupos de espécies arbóreas com diferentes graus de tolerância ao sombreamento, adaptadas em recobrir estes espaços e trazê-los a sua forma inicial. Portanto, o principal fator influente na dinâmica da sucessão é a luminosidade incidente no solo (MACIEL et al., 2003).

A exigência de luz requerida na fase de regeneração é utilizada para classificar as espécies em grupos ecológicos e definir em qual estágio da sucessão secundárias irão repovoar a clareira ou a área desmatada (KAGEYAMA; CASTRO, 1989). Embora haja diferentes denominações e parâmetros para a classificação ecológica das espécies (BUDOWSKI, 1965; LAMPRECHT, 1990; JARDIM; SOUZA; SILVA, 1996a), a inclusão de uma espécie em um grupo ou outro geralmente se dá em função da exigência de luz para o seu desenvolvimento.

Klein (1980) descreveu os principais estágios do processo sucessional para a Floresta Ombrófila Densa do estado de Santa Catarina, de acordo com a ocorrência de espécies da região. Esta dinâmica tem sido observada em outras tipologias, podendo ser utilizado para descrever as etapas da sucessão, variando as espécies (REIS, 1995).

Os estágios pioneiros marcam o início do processo de sucessão, caracterizados pela presença de espécies exigentes de luz, as pioneiras, que possuem como características o rápido crescimento e a capacidade de recobrir locais abertos (KLEIN, 1980). Geralmente estas plantas possuem porte arbóreo e sua dispersão é dependente do vento, uma vez que este tipo de vegetação ainda não é capaz de realizar interações com pássaros dispersores de sementes (REIS, 1995).

O estágio seguinte, também chamado de capoeirinha, geralmente surge cerca de cinco anos após o abandono da área. Nele, já podem ser encontradas espécies arbustivas, principalmente as do gênero *Baccharis*. Este gênero possui flores adaptadas à polinização de insetos, intensificando a interação planta-animal (REIS, 1995). Além disso, a formação de serapilheira atrai insetos e serve de abrigo para pequenos roedores.

A capoeira é o estágio posterior à capoeirinha, em que a vegetação arbustiva é substituída por arvoretas. Klein (1980) descreve a forte presença de espécies do gênero *Myrcine* (capororoca) neste estágio, com ocorrência observada na Floresta Estacional Decidual da região central do RS (ZIMMERMANN, 2014). Estas espécies, apesar do pequeno porte, possuem sementes com grande capacidade de atrair pássaros (REIS, 1995).

No estágio de capoeirão as espécies já possuem altura superior a 15 metros, com árvores lenhosas, mas sem árvores emergentes (IBGE, 1992). As copas das árvores criam um microclima sombreado e úmido, o que favorece o aparecimento de espécies secundárias. Com

o desenvolvimento deste estágio é possível notar o aparecimento de epífitas e cipós (KLEIN, 1980).

Entre 30 e 50 anos após o início da sucessão pode-se considerar a vegetação como Floresta Secundária (QUEIROZ, 1994) e tem-se um ambiente muito semelhante à floresta original. O dossel da floresta é formado por árvores que podem alcançar 25 metros de altura. É comum a ocorrência de canelas do gênero *Ocotea* e *Nectandra* além de um estrato inferior com presença acentuada de cipós e epífitas (RODERJAN; KUNIYOHSI, 1988).

Devido à presença de espécies de rápido crescimento e considerável valor econômico (DENICH, 1991), estas florestas são extremamente produtivas e possuem taxas de incrementos compatíveis com as encontradas em plantios (WADSWORTH, 1993). Desta forma, a existência de florestas secundárias produtivas aumenta as possibilidades de manejo florestal nestas áreas e contribui para diminuição da pressão sobre os remanescentes florestais (FINEGAN, 1996). Contudo, apesar do manejo ser uma técnica viável neste tipo de vegetação, o mesmo autor alerta que nem todos os locais possuem o mesmo potencial produtivo. Isto vai depender de diversos fatores como o grau de degradação da área, tempo de abandono do local, fertilidade do solo e presença de árvores remanescentes produtoras de sementes (BAAR et al., 2004).

Os conhecimentos relativos à tolerância das espécies ao sombreamento e a dinâmica do processo de sucessão são básicos para as atividades de manejo nas florestas secundárias (KAGEYAMA; CASTRO, 1989). Além disso, as informações sobre a florística da vegetação e estrutura e dinâmica da população servem para subsidiar diretrizes para o manejo florestal destas florestas (MARTINS; COUTINHO; MARAGON, 2002).

De acordo com Guariguata e Osterag (2001) a chave para uma proposta de manejo florestal em florestas secundárias é o entendimento do processo de regeneração natural nestas áreas. Devido a grande influência da luz sobre o crescimento das plantas e as taxas de regeneração natural (CARVALHO; SILVA; LOPES, 2004), a chave para o sucesso do manejo florestal em florestas secundárias é determinar uma abertura do dossel capaz de promover o crescimento das espécies de interesse sem permitir a proliferação de espécies invasoras indesejáveis (FREITAS, 2004).

A elevada densidade de espécies invasoras, especialmente cipós, é um dos principais obstáculos para o manejo florestal de florestas secundárias (TABARELLI; MANTOVANI, 2000; TABANEZ; VIANA, 2000). Cipós reduzem o valor da madeira e diminuem a taxa de recuperação da floresta (ESQUIVEL et al., 2008). Além disso, inibem o estabelecimento de espécies lenhosas nativas (ORTEGA-PIECK et al., 2011) e causam deformações no caule (GERWIND; VIDAL, 2003).

O corte de cipós tem sido realizado como técnica de manejo florestal em florestas secundárias para melhorar o crescimento e a forma das árvores e aumentar a luminosidade que chega ao solo (GERWIND; VIDAL, 2003). A liberação também estimula o crescimento de árvores de interesse e agiliza o processo de sucessão. Através dela é realizada a remoção das árvores competidoras ao redor da árvore-alvo, reduzindo principalmente a competição por luz (DUNCAN; CHAPMAN, 2003).

O manejo florestal de florestas secundárias tem demonstrado a potencialidade econômica destas florestas. Espécies de rápido crescimento e boa qualidade da madeira, oriundas de florestas secundárias, tem sido utilizadas com sucesso na fabricação de móveis para interiores e caixotaria (SANCHEZ; TOURNON, 2000). Ele pode ser uma opção de renda ao agricultor se realizado de forma correta. Através do manejo florestal podem ser extraídos recursos como madeira, lenha, frutos, sementes e mel (FRANCEZ; CARVALHO, 2002). Dentre os serviços ambientais realizados pelas florestas secundárias pode-se citar a captação do carbono atmosférico, recuperação dos serviços hidrológicos das florestas primárias e redução das perdas de nutrientes por erosão e lixiviação do solo (MASSOCA et al., 2012).

Além disso, pesquisas recentes nestes ecossistemas identificaram uma alta diversidade e riqueza de espécies florestais, ratificando o papel das florestas secundárias como fonte de biodiversidade (BARLOW et al., 2007; CALLEGARO et al., 2017).

### 2.3 A LUZ E O CRESCIMENTO DAS ÁRVORES

A luz solar é responsável pela manutenção da vida na Terra, sendo a fotossíntese, o único processo biológico capaz de aproveitar esta energia (TAIZ; ZIEGER, 2013). A luz é o fator mais importante para a sobrevivência das plantas, sendo assim o principal fator limitante à produção das culturas agrícolas e florestais pois a luminosidade influencia diretamente no ritmo de crescimento das plantas, pela sua intensidade, qualidade ou duração do fotoperíodo; sendo a intensidade o fator mais importante e de mais fácil manuseio para o silvicultor (SCHNEIDER, 1993).

A luminosidade que chega ao solo no interior da floresta é altamente heterogênea, devido a capacidade de radiação solar penetrar nas diferentes densidades do dossel. A influência de fatores como composição dos estratos, densidade de plantas, declividade do terreno, faz com que a disponibilidade de luz que chegue ao sub-bosque seja em torno de 2% da luz total incidente (RÜGER et al., 2009). Desta forma, algumas espécies beneficiam-se somente da luminosidade difusa disponível (OLIVEIRA et al., 2007). Assim, a adaptação das espécies a

estas variações de luz no interior da floresta é de fundamental importância na dinâmica sucessional, estrutura e formação de estratos florestais.

O total de luz interceptada por uma árvore está relacionado ao tamanho, forma e posição de sua copa (KING, 1996), bem como à filotaxia e ao ângulo entre os ramos (padrão de ramificação) (STERCK; BONGERS, 2001). A tolerância ou não ao sombreamento das espécies e seu desenvolvimento à diferentes quantidades de luz é um dos fatores utilizados na sua classificação durante a dinâmica de sucessão e classificação nos chamados grupos ecológicos (MACIEL et al., 2003).

Considerando que a sucessão florestal pode ser entendida através do processo contínuo cíclico que se dá a partir da abertura de uma clareira, tanto pela morte de uma árvore ou queda de galhos; seu recobrimento e fechamento. Segundo Lamprecht (1990) as espécies podem ser classificadas nos seguintes grupos ecológicos de acordo com a sua demanda de luz:

- espécies heliófilas ou pioneiras, que se desenvolvem somente em clareiras, em dossel completamente aberto e necessitam de luz do início ao fim da vida;
- espécies esciófilas parciais ou secundárias iniciais, necessitam de luz no estágio inicial e a sobrevivência à sombra é limitada, necessitando de aumento de luminosidade com o passar dos anos;
- espécies esciófilas totais ou secundárias tardias, são capazes de se desenvolver sob a sombra das demais, podendo sobreviver nestas condições por anos, sendo capazes de reagir ao crescimento a qualquer mudança na luminosidade;

*Cabralea canjerana* foi classificada como secundária tardia na área de estudo em Silveira Martins (RS) por Zimmermann (2014). Espécies do grupo das secundárias, são descritas por Whitmore (1984), como aquelas capazes de se estabelecer sob o dossel mas se beneficiam da abertura de clareiras. Além disso, Maciel et al. (2003), comentam que espécies desse grupo necessitam de um estímulo luminoso para potencializar seu crescimento.

Existem outros termos para a classificação de grupos ecológicos, contudo, a característica básica de cada grupo, comum às diversas classificações, é a quantidade de luz requerida pelas espécies na fase de regeneração. Entretanto, as espécies apresentam diferentes respostas ao gradiente de luz e as diferenças entre espécies adaptadas ao sol ou à sombra não são claras em florestas tropicais (BAZZAZ; PICKETT, 1980).

O aumento de luz propiciado pela abertura da clareira promove o estabelecimento primeiramente de espécies pioneiras, exigentes de luz, que rapidamente colonizam a área, num processo chamado de recobrimento. A medida que estas espécies se desenvolvem e produzem sombra ocorre o aparecimento das espécies tolerantes parciais, as quais são capazes de se

desenvolver a sombra mas possuem seu crescimento potencializado na presença de luz. Por último, na fase de preenchimento da mancha, há o surgimento das espécies tolerantes ao sombreamento, que somente se desenvolvem em ambientes com baixa luminosidade (GANDOLFI, 2000).

Assim, o frequente processo de abertura e fechamento de clareiras é responsável pela alta diversidade de espécies encontrada nas florestas tropicais e pelo desenvolvimento de espécies do grupo das secundárias tardias. Segundo Hartshorn (1978), cerca de 75% das espécies florestais tropicais necessitam da luminosidade advinda da abertura de clareiras naturais para alcançar dimensões mínimas reprodutivas, em pelo menos um dos estágios do seu ciclo. No Panamá, Hartshorn (1990) constatou que 50% das espécies de árvores ou arbustos são dependentes de clareiras para sua sobrevivência.

Um dos principais desafios da silvicultura tropical moderna é entender e manejar a vegetação sucessional (KAGEYAMA; CASTRO, 1989). Isto se torna um problema ainda mais complexo pois a área de florestas secundárias está aumentando a uma taxa de 6,4% ao ano, principalmente na América Latina (FAO, 2010; MASSOCA et al., 2012), onde em alguns países já supera a fração de florestas primárias.

Para Souza et al. (2015), a chave para o sucesso do manejo florestal em florestas tropicais é encontrar um modelo silvicultural capaz de estimular a taxa de regeneração natural da floresta e promover o crescimento de espécies de interesse sem que haja regeneração excessiva de espécies invasoras. Mas, se por um lado a abertura de clareiras estimula a regeneração da floresta, por outro, propicia o desenvolvimento de cipós, que podem vir a prejudicar a sustentabilidade da produção madeireira.

A liberação é uma técnica silvicultural de suma importância, muito utilizado para promover o crescimento de árvores imaturas promissoras (SMITH, 1986). Essa estimula o crescimento de árvores desejadas devido a diminuição da concorrência vizinha, principalmente por luz, pois aumenta a irradiação em torno das árvores-alvo (DOLANC; GORCHOV; CORNEJO, 2003; DUNCAN; CHAPMAN, 2003). Este método baseia-se na hipótese de que as taxas de crescimento das árvores estão diretamente relacionadas à exposição da copa e inversamente proporcional à concorrência (DAWKINS, 1955).

Para Jardim et al. (1996b), a liberação pode ser realizada de duas formas: pelo corte total ou de partes de árvores concorrentes às árvores de interesse no manejo florestal ou pela técnica de anelamento, com ou sem o uso de produtos químicos. Contudo, o anelamento é considerado pouco eficiente para a eliminação de algumas espécies, sobretudo aquelas com reentrâncias no fuste (COSTA; SILVA; SILVA, 2001). De acordo com Oliveira et al. (2009) esta técnica é

mais eficaz em árvores com mais de 30 cm de dap, dominadas, com fuste malformado com danos e podridão aparente e infestação de cipós em sua copa.

Souza et al. (2015) testaram a influência de diferentes tipos de liberação por anelamento em um período de quatro anos em uma floresta no estado do Pará, e concluíram que a liberação, aliada ao corte de cipós apresentaram as maiores taxas de crescimento em diâmetro quando comparadas ao tratamento testemunha. Villegas et al. (2009), ao aplicarem diferentes tratamentos silviculturais, que consistiram na combinação de corte de árvores concorrentes e eliminação de cipós, concluíram que a taxa de incremento em diâmetro das árvores-alvo aumentou com a disponibilidade de luz e diminuição do grau de infestação de cipós.

Entretanto, esta resposta é influenciada por diversos fatores intrínsecos. Vatrax et al. (2016) concluíram que a maior intensidade de luz e a boa forma da copa contribuíram significativamente no crescimento de árvores monitoradas após exploração de impacto reduzido. O grau de infestação por cipós foi prejudicial ao crescimento das árvores neste estudo.

Costa, Silva e Carvalho (2008), analisando o efeito da liberação nos diferentes grupos ecológicos concluíram que espécies intolerantes à sombra apresentaram crescimento 67% superior as árvores do mesmo grupo que permaneceram sombreadas. Para o grupo das espécies tolerantes, o ganho no crescimento foi de 65%, demonstrando que espécies tolerantes ao sombreamento também se beneficiam da abertura do dossel.

Embora a liberação seja mais utilizada para promover o crescimento de árvores de interesse, ela pode ser utilizada também como método para aumentar a diversidade e florística da área. Analisando uma área 21 anos após a realização de manejo florestal na Floresta Nacional do Tapajós, Oliveira et al. (2005) verificaram que a abertura do dossel estimulou o ingresso de novas espécies na área, demonstrando o efeito positivo das intervenções na riqueza florística do local.

## 2.4 ESTABILIDADE MECÂNICA DE PLANTAS

Nas florestas tropicais, devido à grande heterogeneidade de micro habitats, as plantas necessitam adotar diferentes estratégias de alocação de recursos para o crescimento em altura ou diâmetro. A gravidade, força dos ventos e pressão das epífitas geram forças sobre os ramos e fustes das plantas (WALLER, 1986), assim como a inclinação do terreno (SILVA et al., 2002).

A luz que chega ao solo também exerce influência sobre a priorização de investimento de recursos. Em florestas onde há presença de diversos estratos sucessionais, a luminosidade disponível ao sub-bosque é baixa, o que acaba gerando uma alta competição por luz entre

plântulas (LAMBERS et al., 2008). Para Niklas (1995), o sucesso adaptativo de uma espécie em um determinado local depende da eficiência de captação de luz e utilização deste recurso, estabilidade mecânica e capacidade de reprodução no habitat.

A luz é um dos fatores mais importantes ao desenvolvimento das plantas, determinando a taxa de crescimento das espécies nos diferentes locais, de acordo com seu grupo ecológico. Espécies do grupo das secundárias tardias, como é o caso de *Cabrlea canjerana* (ZIMMERMANN, 2014) tendem a se beneficiar da abertura de clareiras, principalmente nas fases pós-plântula. Entretanto, eventos como morte e queda de árvores, responsáveis pela abertura do dossel, podem demorar anos para ocorrer de forma natural.

Dentre os tratamentos silviculturais aplicados no manejo florestal, está a liberação, no qual árvores não-comerciais ou de baixo interesse são cortadas para que espécies de interesse tenham seu desenvolvimento potencializado devido a diminuição da concorrência (SCHNEIDER, 2008). Entretanto, a liberação de árvores, as expõe a uma condição diferente daquela as quais estavam, principalmente as deixando mais susceptíveis a ações externas como o vento e o próprio peso do fuste. Desta forma, árvores que não possuem equilíbrio entre fonte e dreno, ou seja, entre a área fotossinteticamente ativa e estruturas de sustentação acabam sofrendo deflexões no caule, vindo a tombar (O'BRIEN et al., 1995).

A relação entre altura e diâmetro é uma das mais importantes na ciência florestal (FINGER, 2006), e tem sido utilizada amplamente para diminuir os custos do inventário florestal, fazer inferências sobre a qualidade do sítio, verificar a variação biológica dentro do povoamento e explicar o design mecânico das plantas (MACHADO et al., 1994; DONADONI et al., 2010; BARTOSZECK et al., 2002, BARTOSZECK et al., 2004). Os modelos propostos para explicar o design mecânico de plantas buscam entender como é dada a combinação de forças externas que atuam na relação entre o diâmetro e a altura (DEAN; LONG, 1986) e a descrevem considerando aspectos relacionados à capacidade do fuste em manter-se em pé. Três modelos foram propostos para gimnospermas e dicotiledôneas, baseados nas dimensões do fuste e propriedades da madeira: similaridade elástica (MCMAHON, 1973), similaridade de estresse constante (NIKLAS, 1995) e similaridade geométrica (SPOSITO; SANTOS, 2001).

O modelo de similaridade elástica assume que as plantas investem no crescimento em altura, investindo o mínimo possível em biomassa de sustentação. Há uma diminuição proporcional do diâmetro com o aumento da altura e as árvores são grossas suficientes somente para prevenir o tombamento do fuste. Assim, o modelo propõe que para resistir a queda do seu próprio peso, o crescimento em diâmetro deve ser proporcional a  $3/2$  da potência da altura independente das condições ambientais, ou, a altura deve ser proporcional a  $2/3$  da potência do

diâmetro ( $d \propto h^{3/2}$  ou  $h \propto d^{2/3}$ ), e a inclinação da reta ( $b_1$ ) que descreve o modelo é igual a 1,5 (MCMAHON, 1973).

O modelo de estresse constante assume que a árvore está submetida a um nível máximo de estresse, constante ao longo do fuste, devido às condições do ambiente, como por exemplo, ventos fortes e inclinação do terreno. Assim, para que se mantenha em pé é necessário que haja maior investimento em diâmetro, como estratégia de sustentação, do que em altura. Desta forma, o crescimento em altura é proporcional ao quadrado do diâmetro, ou o diâmetro é igual a metade da altura ( $d \propto h^2$  ou  $h \propto d^{1/2}$ ). A inclinação da reta ( $b_1$ ) neste caso é igual a 2 (SPOSITO; SANTOS, 2001).

A hipótese nula para os dois modelos descritos acima é o modelo de similaridade geométrica, que prevê que há um investimento proporcional em diâmetro e altura, ou vice-versa, independentemente de qualquer fator limitante do meio. Neste caso pode-se dizer que a árvore possui um crescimento isométrico ( $d \propto h$  ou  $h \propto d$ ) e a inclinação da reta ( $b_1$ ) que o descreve é igual a 1 (NIKLAS, 1995).

Trabalhos já realizados com espécies de diferentes grupos ecológicos e estágios de sucessão apontam que estes fatores alteram o expoente da relação. Por exemplo, o modelo de similaridade geométrica caracteriza melhor as espécies em fase de regeneração natural (KING, 1996; FURTADO, 2005) enquanto os modelos de similaridade elástica ou estresse constante foram evidenciados nas maiores classes de tamanho (NIKLAS, 1995; O'BRIEN et al., 1995) demonstrando que a arquitetura arbórea varia de acordo com as condições do local, tamanho e fase que os indivíduos se encontram. Portanto, tentativas de descrever um modelo de design mecânico para determinada espécie, muitas vezes geram resultados errôneos e ambíguos (BERTRAM, 1989; MCMAHON; KRONAUER, 1976), uma vez que devem ser levados em conta também fatores como ambiente e idade das plantas.

A classificação em um dos modelos de design mecânico em árvores é realizada por meio da análise da relação entre duas ou mais variáveis dendro ou morfométricas. Estas relações são expressas por funções por meio de análise de regressão linear, com variáveis transformadas em logaritmo de base 10, com intuito de diminuir a amplitude dos dados e melhoria da qualidade dos ajustes (NIKLAS, 1995). A equação que expressa as relações é dada por  $y = a \cdot x^b$  ou  $\log y = \log a + b \cdot \log x$ , onde  $a$  e  $b$  são parâmetros obtidos pela regressão linear, e em geral, utiliza-se a altura como variável independente ( $x$ ) (SPOSITO; SANTOS, 2001).

O diâmetro crítico que uma planta deve possuir para suportar o peso do seu próprio corpo sem que haja flambagem do fuste, é uma metodologia baseada no modelo de similaridade, proposto por McMahon (1973). Dele, deriva o fator de segurança, que é dado pela razão entre

o diâmetro real da árvore e o diâmetro crítico calculado, sendo que quanto mais próximo ou superior a um, menor a chance de flambagem do caule pela força do seu próprio peso ou por incidência de ventos.

Na literatura brasileira, os trabalhos que abordam a Teoria do Design Mecânico em plantas ainda são recentes e maioria dos estudos busca conhecer as relações alométricas de plantas. A literatura internacional considera o movimento de queda do caule em direção ao solo, sem exposição das raízes como “*stem buckling*”. Desta forma, o termo foi melhor traduzido como flambagem do fuste, para ser utilizado neste trabalho.

O termo flambagem é comumente utilizado para compreender a Resistência de Materiais. Em engenharia, flambagem é um fenômeno de encurvadura que ocorre em peças esbeltas (peças em que a seção é pequena em relação ao comprimento), quando submetidas a um esforço axial de compressão.

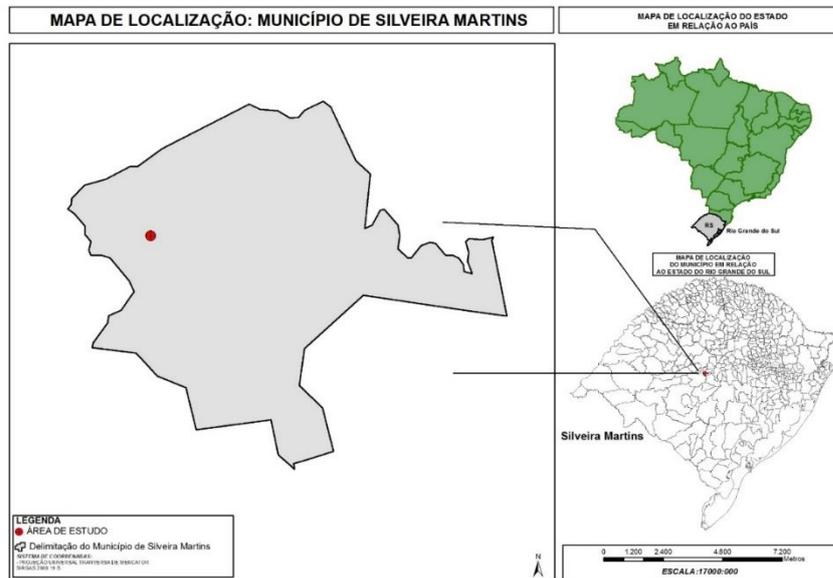
## 2.5 DESCRIÇÃO E HISTÓRICO DE USO DA ÁREA DE ESTUDO

O local de estudo onde os experimentos deste trabalho foram realizados é uma área particular localizada na localidade de Val Feltrina (29°37'39.41"S, 53°36'54.91"O), município de Silveira Martins, a aproximadamente 20 km da Universidade Federal de Santa Maria. O município encontra-se inserido na região Central do Rio Grande do Sul, distante cerca de 300 km da capital do estado, Porto Alegre (Figura 4).

A área é um fragmento de Floresta Estacional Decidual secundária, fisionomia caracterizada por apresentar estrato superior caducifólio, onde mais de 50% das árvores perdem suas folhas no período desfavorável ao crescimento (IBGE, 1992). As Florestas Estacionais Deciduais do Rio Grande do Sul ocorrem na região noroeste e central, representando cerca de 24% da superfície de florestas naturais do estado (Figura 5).

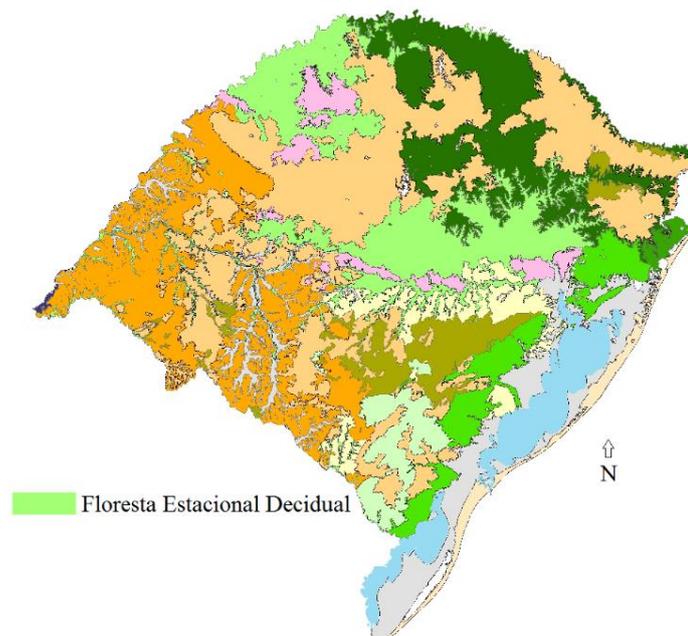
O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa subtropical úmido, com a ocorrência de verões quentes. Mesmo que a precipitação anual seja em torno de 1700 mm e sem haver uma estação seca definida, podem ocorrer períodos de déficit hídrico, principalmente nos meses mais quentes do ano (ALVARES et al., 2013; HELDWEIN; BURIOL; STRECK, 2009).

Figura 4 - Localização da área de estudo no município de Silveira Martins, Rio Grande do Sul, Brasil



Fonte: A autora (2018)

Figura 5 - Localização das Florestas Estacionais Deciduais no estado do Rio Grande do Sul

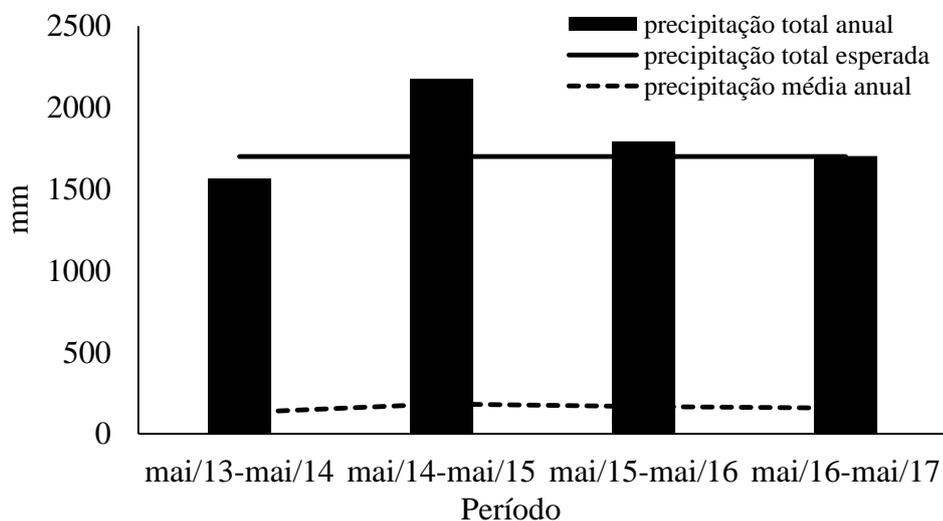


Fonte: Adaptado de FEPAM (2015)

Na Figura 6 são apresentadas as precipitações totais anuais no período de avaliação do experimento, entre maio de 2013 a maio de 2017, da estação meteorológica do setor de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria. Nota-se que as médias são próximas às descritas por Heldwein, Buriol e Streck (2009), como a média histórica para a região. Contudo, existem alguns anos atípicos como foi o caso de 2014 onde foi observada precipitação total anual em torno de 2200 mm.

Neste ano, ocorreram muitos temporais na região, com ventos fortes e períodos de chuva que se estenderam por até uma semana, causando estragos nas estradas e pontes de Val Feltrina. Por ser uma encosta, a área de estudo encontra-se entre os pontos de escoamento e captação da água da chuva, servindo como passagem para o acumulado não retido pelo morro. Após as chuvas ocorridas em 2014 foi observada a morte de algumas árvoretas de *C. canjerana* que estavam localizadas em um ponto de escoamento da água, sendo estas excluídas do banco de dados.

Figura 6 - Precipitações no período entre maio de 2013 e maio de 2017 para região de Silveira Martins, RS, conforme dados da estação meteorológica da Universidade Federal de Santa Maria, RS



Fonte: A autora (2018)

O relevo do município de Silveira Martins caracteriza-se por planalto suavemente ondulado, recortado por escarpas íngremes, onde segundo Müller (1970) são comuns vales estreitos em formato de “V”. Considerando que Santa Maria encontra-se a cerca de 80 metros

acima do nível do mar, ocorre uma elevação no sentido Santa Maria - Silveira Martins, onde existem pontos de até 500 metros de altitude (FORGIARINI; VENDRUSCULO; RIZZI, 2013).

Quase a metade do território do município de Silveira Martins apresenta solos com declividade maior que 45%, caracterizando-as como solos frágeis e susceptíveis à erosão (MACHADO, 2003). De acordo com a Embrapa (2006), os solos predominantes na região são do tipo Neossolo Litólico Húmico típico, pouco profundos e bem drenados.

Silveira Martins juntamente com os municípios de Agudo, Dona Francisca, Faxinal do Soturno, Ivorá, Nova Palma, Pinhal Grande, Restinga Seca e São João do Polêsine, formam a chamada Quarta Colônia de Imigração Italiana do Rio Grande do Sul (PEGORARO, 2013). O município é conhecido ainda como o Berço da Quarta Colônia, pois foi o local onde instalaram-se os primeiros imigrantes italianos chegados na região, após a criação das colônias Conde D'Eu, Dona Isabel e Nova Palmira, atualmente os municípios de Garibaldi, Bento Gonçalves e Caxias do Sul; respectivamente.

A região foi estabelecida a partir do ano de 1877, mas por estar distante dos outros três núcleos coloniais e centros financeiros e econômicos do estado, seu desenvolvimento foi mais lento e dificultoso. Primeiramente, os imigrantes eram instalados em barracões até que ocorresse a demarcação dos lotes pelo governo Imperial, geralmente compostos de mata virgem e terras devolutas. Estas áreas passaram por sucessivos processos de ocupação do solo, com retirada seletiva de madeiras nobres para construção de casas e galpões, e abertura de áreas para lavouras de subsistência. Segundo Brena e Longhi (2002), a região da Quarta Colônia, possui sua vegetação alterada, uma vez que as florestas que recobriam os morros e vales foram sendo substituídas por culturas agrícolas ao longo do processo de colonização.

Val Feltrina possui acesso no início da Estrada do Imigrante, no sentido Santa Maria – Silveira Martins, ainda na porção baixa do município. A vitivinicultura, herança da cultura trazida da Itália com os primeiros imigrantes e cultivada até hoje, ainda é a principal atividade econômica da localidade. O vale é cercado de encostas e coberto por resquícios de Floresta Estacional Decidual, com exemplares adultos de espécies como Jerivá, Ipê-roxo, Angico-vermelho, Corticeira-do-banhado, Cedro, Figueiras, Timbaúva, Canelas e Canjerana (Figura 7).

Figura 7 - Fisionomia da paisagem da localidade de Val Feltrina, Silveira Martins, RS



Fonte: A autora (2018)

O ponto de instalação das parcelas foi uma área de encosta de morro, com inclinação próxima a  $40^\circ$  (Figura 8). A área, em formato triangular, é circundada por uma antiga estrada de chão, que no passado fazia ligação entre Val Feltrina e a sede do município, e que atualmente encontra-se desativada para o trânsito de veículos. Devido a sua orientação, o local é caminho da água das chuvas que descem dos pontos mais altos do morro. Entretanto, não há saturação do solo, uma vez que a captação da água se dá em um riacho existente na porção mais baixa da área.

Quanto ao histórico de uso, primeiramente os proprietários utilizavam esta área para o cultivo de videira. Devido a ocorrência contínua de doenças nas parreiras, houve a necessidade de eliminá-las e a área passou então a ser utilizada para pastoreio de gado. Esta atividade foi cessada no início dos anos noventa, com a retirada do gado e isolamento do local, dando início ao processo de sucessão secundária.

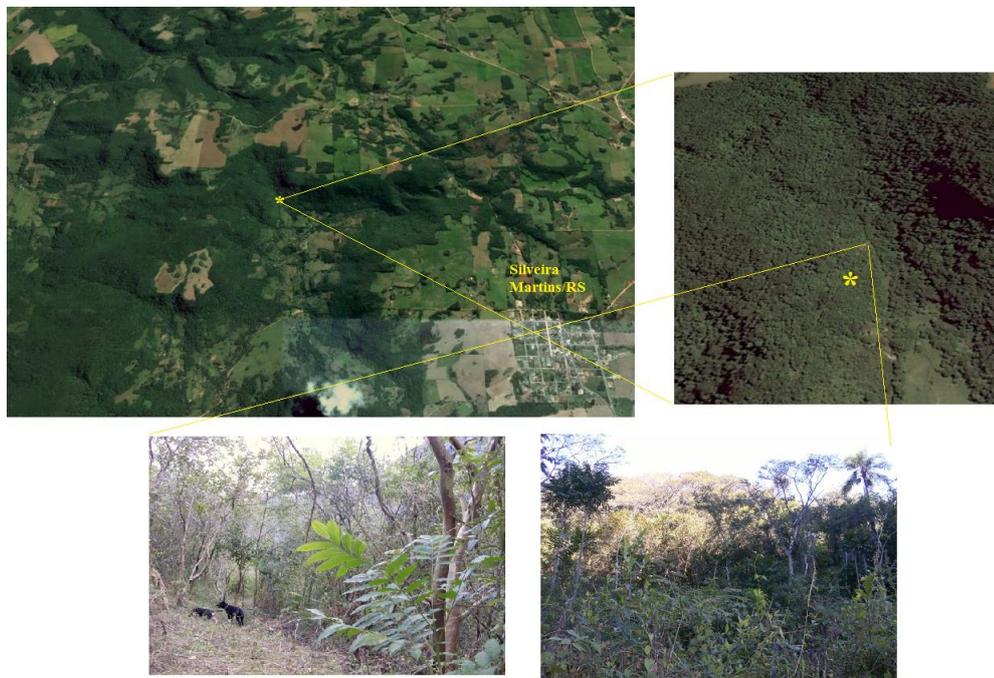
As espécies de dispersão anemocórica foram as primeiras a repovoar o local, entre elas *Parapiptadenia rigida* (Angico-vermelho), *Cedrela fissilis* (Cedro), *Cordia trichotoma* (Louro-pardo) e outras de menor porte, como *Cortaderia selloana* (Capim-dos-pampas), *Baccharis dracunculifolia* (Vassourinha-branca), *Escallonia bifida* (Canudo-de-pito), *Pteridium aquilinum* (Samambaia-das-taperas), *Quillaja brasiliensis* (Sabão-de-soldado) e *Psidium guajava* (Goiabeira). Estas espécies caracterizam-se pelo rápido crescimento e acabaram servindo como “poleiros” para pássaros dispersores de sementes de espécies secundárias.

Com o passar do tempo as goiabeiras, que hoje encontram-se no estado de senilidade, também serviram como poleiro para pássaros de maior porte, que dispersam sementes maiores como as de *Cabralea canjerana*. A presença de poleiros, associada a presença de árvores fornecedoras de sementes dentro dos limites de distância máxima de dispersão (30 m),

dispersores efetivos; bem como o isolamento do local e retirada do gado da área foram os fatores que, concomitantemente, contribuíram para a alta densidade populacional da espécie na área (ZIMMERMANN, 2014).

*Cabralea canjerana* é a espécie de maior predominância no local, além de outras com dispersão ornitocórica como *Cupania vernalis*, *Matahyba eleagnoides*, *Psidium guajava*, *Casearia sylvestris* e *Myrsine umbellata*, entre outras de menor ocorrência. Desta forma, o dossel caracteriza-se por apresentar espécies de porte médio com altura inferior a 6 metros e caducifólias, o que propicia pontos heterogêneos de luz que chega ao solo.

Figura 8 - Vista aérea da localidade de Val Feltrina, Silveira Martins, RS; com a localização (\*) e imagens da área de estudo



Fonte: Google Earth (2018)

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABOUTABL, E. A. F. S. et al. Composition and antimicrobial activity of the leaf and fruit oils from *Amoora rohituka* Wight et Arn. **Journal of Essential Oil Research**, v.12, p.635-638, 2000.
- ADAMS, C. et al. Diversifying incomes and loosening landscape complexity in Quilombola shifting cultivation communities of the Atlantic Rainforest (Brazil). **Human Ecology**, New York, v.41, n.1, p.119–137, 2013.
- AIMI, S. C. **Tecnologia de sementes e crescimento inicial de mudas de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Santa Maria, 2014, 130 p.
- AKINDELE, S. O.; ONYEKWELU, J. C. **Silviculture in secondary forests.** In: GÜNTER, S. et al. (Eds.). *Silviculture in the tropics*. Berlin: Springer-Verlag, 2011.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.1. 22, n.6, 711–728, 2013.
- BAAR, R. et al. Floristic inventory of secondary vegetation in agricultural system of East-Amazonia. **Biodiversity and Conservation**, v.13, n.3, p.501-528, 2004.
- BACKES, P.; IRGANG, B. **Árvores do Sul; Guia de identificação & interesse ecológico. As principais espécies nativas Sul-Brasileiras.** Santa Cruz do Sul. Instituto Souza Cruz, 2002. 326 p.
- BARLOW, T. A. et al. Quantifying the biodiversity value of tropical primary, secondary, and plantation forests. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.104, n.47, p.18555-18560, 2007.
- BARREIROS, H. D. S.; SOUZA, D. S. E. Notas Geográficas e Taxonômicas sobre *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. no Brasil (Meliaceae). **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v. 46, p.17-26, 1986.
- BARTOSZECK, A. C. P. S. et al. Modelagem da relação hipsométrica para bracingais da região metropolitana de Curitiba-PR. **Revista Floresta**, v.32, n.2, p.189-204, 2002.
- BARTOSZECK, A. C. P. S. et al. Dinâmica da relação hipsométrica em função da idade, do sítio e da densidade inicial de povoamentos de bracinga da Região Metropolitana de Curitiba, PR. **Revista Árvore**, v.28, n.4, 2004.
- BAZZAZ, F. A.; PICKETT, S. T. A. Physiological ecology of tropical succession: a comparative review. **Annual review of ecology and systematics**, v.11, p.287-310, 1980.
- BERTRAM, J. E. A. Size-dependent differential scaling in branches: the mechanical design of trees revisited. **Trees**, v.4, p. 242–253, 1989.

- BRENA, D. A.; LONGHI, S. J. **Inventário florestal da Quarta Colônia**. In: ITAQUI, J. Quarta Colônia: inventário técnico da flora e da fauna Santa Maria: Condesus Quarta Colônia, p. 47-73, 2002.
- BROWN, S.; LUGO, A. E. Tropical secondary forests. **Journal of Tropical Ecology**, n.6, p.1-32, 1990.
- BUDOWSKI, G. Distribution of tropical american rain forest species in the light of sucessional processes. **Turrialba**, v.15, n.1, p.40-42, 1965.
- CALLEGARO, R. M. et al. Fitossociologia e fatores ecológicos condicionantes da vegetação em uma floresta estacional na região central do Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia Série Botânica**, v.72, p.33-43, 2017.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Brasília: EMBRAPA/CNPQ, 1994. 640p.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras, vol. 1. Brasília: Embrapa Informações Tecnológica; Colombo, PR. Embrapa Florestas, 2003. 1.039p.
- CARVALHO, J. O. P., SILVA, J. N. M.; LOPES, J. C. A. Growth rate of a terra firme rain forest in Brazilian Amazonia over an eight-year period in response to logging. **Acta Amazonica**, v.34, n.2, p.209-217, 2004.
- CASTRO, E. Dinâmica socioeconômica e desmatamento na Amazônia. **Novos Cadernos NAEA**, v.8, n.2, p. 5-39, 2005.
- CHOKKALINGAN, U.; JONG, W. D. Secondary forest: a working definition and typology. **International Forestry Review**, v.3, n.1, p.19-24 p. 2001.
- COSTA, M. P.; MANTOVANI, W. Composição e estrutura de clareiras em mata primária mesófila na Bacia de São Paulo - SP. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto Florestal, p.178-183. Publicado na Revista do Instituto Florestal, v. 4.
- COSTA, D. H. M.; SILVA, S. M. A. da; SILVA, J. N. M. **Efetividade e custo do desbaste com aplicação de arboricida em floresta natural na região do Tapajós, Pará e Jarí, Amapá**. In: SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. de; YARED, J. A. G. (Eds.) A silvicultura na Amazônia Oriental: contribuições do projeto Embrapa/DFID. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/DFID, 2001. p.339-352.
- COSTA, D. H. M.; SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. P. Crescimento de árvores de uma área de terra firma na Floresta Nacional do Tapajós após a colheita de madeira. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n.50, p.63-76, 2008.
- DAWKINS, H. C. The refining of mixed forest, a new objective for tropical silviculture. **Empire Forestry Review**, v.34, n.2, p.188-191, 1955.

DEAN, T. J.; LONG, J. N. Validity of constant-stress and elastic-instability principles of stem formation in *Pinus contorta* and *Trifolium pratense*. **Annals of Botany**, v.58, p.833-840, 1986.

DENICH, M. **Estudo da importância de uma vegetação secundária nova para o incremento da produtividade do sistema de produção na Amazônia Oriental brasileira**. 1991. 284 f. Tese (Doutorado) – Universidade Georg August de Göttingen, Eschborn, Alemanha, 1991.

DURIGAN, G.; NOGUEIRA, J. C. B. **Recomposição de matas ciliares: Orientações básicas**. Disponível em: <http://www.bdt.fat.org.br/ciliar/sp/recomp>; 1990. Acesso em 01/10/2015.

DOLANC, C. R., GORCHOV, D. L.; CORNEJO, F. The effects of silvicultural thinning on trees regenerating in strip clear-cuts in the Peruvian Amazon. **Forest Ecology and Management**, n.182, p.103–116, 2003.

DONADONI, A. X. et al. Relação hipsométrica para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus tecunumanii* em povoamento homogêneo no Estado de Rondônia. **Ciência Rural**, v.40, n.12, 2010.

DUNCAN, R. S.; CHAPMAN, C. A. Tree-shrub interactions during early secondary forest succession in Uganda. **Restoration Ecology**, n.11, p.198–207, 2003.

DURLO, M. A.; DENARDI, L. Morfometria de *Cabralea canjerana*, em mata secundária do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v.8, n.1, p.55-66, 1998.

EMRICH, A.; POKORNY, B.; SEPP, C. **The significance of secondary forest management for development policy**. TOB Series No. FTWF-18e. GTZ, Eschborn, Germany, 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

ENGELMEIER, D. et al. *Cyclopenta benzofurans* from *Aglaia* species with pronounced antifungal activity against rice blast fungus (*Pyricularia grisea*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.48, p.1400-1404, 2000.

ESQUIVEL, M. J. et al. Effects of pasture management on the natural regeneration of neotropical trees. **Journal of Applied Ecology**, n.45, p.371-380, 2008.

FINEGAN, B. Pattern and process in neotropical secondary rain forests: the first 100 years of succession. **Tree**, v.11, n.3, p.119-124, 1996.

FINGER, C. A. G. **Biometria Florestal**. Universidade Federal de Santa Maria, 314 p., 2006.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION THE UNITED NATIONS (FAO). 2005. **State of the World's Forests**. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO), 2010. **Global forest resources assessment 2010: main report: 1-340**. FAO, Rome.

FORGIARINI, F. R.; VENDRUSCULO, D. S.; RIZZI, E. S. Análise de chuvas orográficas no centro do estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.13, 2013.

FRANCEZ, L. M. de B.; CARVALHO, J. O. P. de. Espécies arbóreas de floresta secundária utilizadas para produção de lenha e carvão em Belterra (PA). **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n.37, p.167-170, 2002.

FREITAS, J. V. 2004. **Improving tree selection for felling and retention in natural forest in Amazônia through spatial control and targeted seed tree retention: a case study of a forest management project in Amazonas state**, Brazil. Thesis - Doctor of Philosophy, University of Aberdeen, Scotland.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER. **Unidades de Vegetação Rio Grande do Sul/ RADAM**. Disponível em: [http://www.biodiversidade.rs.gov.br/arquivos/1161807874veg\\_rs.jpg](http://www.biodiversidade.rs.gov.br/arquivos/1161807874veg_rs.jpg). Acesso em: 12 abr. 2016.

FURTADO, G. A. **Estrutura de uma população de *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (Rutaceae) numa Floresta Estacional Semidecídua no sudeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

FUZETO, A. P.; LOMÔNACO, C. Potencial plástico de *Cabrlea canjerana* subsp. polytricha (Adr. Juss.) Penn. (Meliaceae) e seu papel na formação de ecótipos em área de cerrado e vereda, Uberlândia, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, v.23, p.169-176, 2000.

GALETTI, M.; PIZO, M. A. Fruit eating by birds in a forest fragment in southeastern Brazil. **Ararajuba**, v.4, p.71-79, 1996.

GANDOLFI, S. **História natural de uma Floresta Estacional Semidecidual no município de Campinas (São Paulo, Brasil)**. 2000. 520f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

GERWING, J. J.; VIDAL, E. **Abundância e diversidade de espécies de cipó oito anos após seu corte e exploração de madeira numa floresta na Amazônia Oriental**. p. 25-34. In: Ecologia e manejo de cipós na Amazônia Oriental. E. Vidal & J. J. Gerwing (orgs.). Belém: Imazon, 2003.

GÓMEZ-POMPA, A.; VÁSQUEZ-YANES, C. **Studies on secondary succession of tropical low-lands: the life cycle of secondary species**, p.336-342. In: Proceedings First International Congress of Ecology. The Hague, 1974.

GÓMEZ-POMPA, A.; VÁSQUEZ-YANES, C. **Successional studies of a rain forest in Mexico**. In: WEST, D.C. et al. - Forest succession: concepts and application. New York, Springer-Verlag, 1981. p.246-66.

- GOUVÊA, C. F. **Estudo do desenvolvimento floral em espécies arbóreas da família Meliaceae**. Tese (Doutorado em Ciências: Biologia na Agricultura e no Meio Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 135 f., 2005.
- GREGER, H. et al. Insecticidal flavaglines and other compounds from Fijian *Aglaia* species. **Phytochemistry**, v.57, p.57-64, 2001.
- GUARIGUATA, M. R.; OSTERTAG, R. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. **Forest Ecology and Management**, v.148, p.185-206, 2001.
- HARTSHORN, G. S. **Treefalls and tropical forest dynamics**. In: Tropical trees as living systems. TOMLINSON, P. B.; ZIMMERMANN, M. H. (eds.), 675pp, Cambridge University Press, New York, p.617-638, 1978.
- HARTSHORN, G. S. Neotropical forests dynamics. **Biotropica**, v.12, p.23-30, 1980.
- HELDWEIN, A. B.; BURIOL, G. A.; STRECK, N. A. O clima de Santa Maria. **Ciência & Ambiente**, v.38, p.43-58, 2009.
- HOUGHTON, R. A. Tropical deforestation and atmospheric carbon dioxide. **Climatic Change**, v.19, p.99-118, 1991.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira: Série Manuais Técnicos em Geociências**. Nº 1. Rio de Janeiro, 1992.
- IVANCHECHEN, S. L. **Estudo morfológico e terminológico do tronco e casca de 30 espécies arbóreas em floresta ombrófila mista**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1988. 221p. Dissertação Mestrado.
- JARDIM, F. C. S. et al. Técnica de abertura do dossel por anelamento de árvores na Estação Experimental de Silvicultura do INPA, Manaus - AM. **Boletim da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará**, Belém, n.25, p.91-104, 1996b.
- JARDIM, F. C. S.; SOUZA, A. L.; SILVA, A. F. Dinâmica da vegetação arbórea com DAP maior ou igual a 5,0 cm: comparação entre grupos funcionais e ecofisiológicos na estação experimental de silvicultura tropical do INPA, Manaus – AM. **Revista Árvore**, v.20, n.3, p.267-278, 1996a.
- JONG, W. et al. Secondary Forest dynamics in the Amazon floodplain in Peru. **Forest Ecology and Management**, n.150, p.135-146, 2001.
- KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C. F. A. Sucessão secundária, estrutura genética e plantações de espécies arbóreas nativas. **IPEF**, n.41/42, p.83-93, 1989.
- KING, D. A. Allometry and life history of tropical trees. **Journal Tropical Ecology**, v.12, p.25-44, 1996.

KLEIN, R. M. Ecologia da Flora e Vegetação do Vale do Itajaí. **Sellowia**, Itajaí, v.32, n.32, p.164-369, 1980.

LAMBERS, H.; CHAPIN, F. S.; PONS, T. L. **Plant physiological ecology**. Springer, New York, 2008.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas - possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado**. Eschborn: GTZ, 1990. 343 p.

LEITE, P. F.; KLEIN, R. M. **Vegetação**. In: IBGE. Geografia do Brasil: Região Sul. vol. 2. Rio de Janeiro. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. p.113–150, 1990.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 1. ed. 1992. p. 239.

MACIEL, M. de N. M. et al. Classificação ecológica das espécies arbóreas. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambiental**, Curitiba, v.1, n.2, p.69-78, 2003.

MACHADO, S. A. et al. Análise do comportamento da relação hipsométrica com respeito a idade para plantações de *Pinus elliottii* no Estado do Paraná. **Cerne**, v.1, n.1, p.5-12, 1994.

MACHADO, R. S. **Uso do sistema de informações geográficas (SIG) na determinação dos conflitos de uso dos solos no Município de Silveira Martins, RS**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 72 f., 2003.

MARENZI, R. C. **Ecologia da paisagem de um fragmento costeiro: subsídio à conservação da biodiversidade**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná – UFPR, 204 p., 2004.

MARGULIS, S. **Causas do Desmatamento da Amazônia Brasileira**. Banco Mundial – Brasília: julho, 2003.

MARTINS, S. V.; COUTINHO, M. P.; MARAGON, L. C. Composição florística e estrutura de uma floresta secundária no município de Cruzeiro-SP. **Revista Árvore**, v.26, n.1, p.35-41, 2002.

MASSOCA, P. E. S. et al. Dinâmica e trajetórias da sucessão secundária na Amazônia Central. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v.7, n.3, p.235-250, 2012.

MCMAHON, T. Size and shape in biology. **Science**, v.179, p.1201-1204, 1973.

MCMAHON, T.; KRONAUER, R. E. Tree structures: deducing the principle of mechanical design. **Journal of Theoretical Biology**, v.59, p.443–466, 1976.

MÜLLER, I. L. **Notas para o estudo da geomorfologia no Rio Grande do Sul**. Santa Maria: UFSM, 34 p., 1970.

MUELLNER, N. A. et al. Molecular and phylogenetics of Meliaceae (Sapindales) based on nuclear and plastid DNA sequences. **American Journal of Botany**, v.480, p.471-480, 2003.

- NIKLAS, K. J. Size-dependent allometry of tree height, diameter and trunk taper. **Annals of Botany**, v.75, p.217-227, 1995.
- O'BRIEN, S. T. et al. Diameter, height, crown, and age relationships in eight neotropical tree species. **Ecology**, v.76, p.1926-1939, 1995.
- OLIVEIRA, L. C. et al. Efeito da exploração de madeira e tratamentos silviculturais na composição florística e diversidade de espécies em uma área de 136ha na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra, Pará. **Scientia Forestalis**, n.69, p.62-76, 2005.
- OLIVEIRA, T. K. et. al. Radiação solar no sub-bosque de sistema agrossilvipastoril com eucalipto em diferentes arranjos estruturais. **Cerne**, v.13, p.40-50, 2007.
- OLIVEIRA, L. C. de et al. **Eficiência de anelamento aplicado como tratamento silvicultural em florestas manejadas na Amazônia ocidental**. Rio Branco. Comunicado Técnico nº 172. 2009. 9p.
- ORTEGA-PIECK, A. et al. Early seedling establishment of two tropical montane cloud forest tree species: the role of native and exotic grasses. **Forest Ecology Management**, n.261, p.431-330, 2011.
- PEGORARO, A. **Estudo dos nomes das cidades da Quarta colônia de imigração italiana do Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Letras, Cultura e Regionalidade, 2013.
- PENNINGTON, T. D. **Flora Neotropica Monograph: Meliaceae**. 1981.
- PIZO, M. A Dispersão e predação de sementes de *Cabralea canjerana* (Meliaceae) em duas áreas de mata do Estado de São Paulo. **Anais... CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA**, 46. 1995, Ribeirão Preto. Resumos. Ribeirão Preto: FFCLRP/ Universidade de São Paulo, 1995. p. 167.
- PIZO, M. A. Seed dispersal and predation in two populations of *Cabralea canjerana* (Meliaceae) in the Atlantic Forest of southeastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.13, p.559-578, 1997.
- QUEIROZ, M. H. **Approche phytoécologique et dynamique des formations végétales secondaires développées après abandon des activités agricoles, dans le domaine de la forêt ombrophile dense de versant (Fôret Atlantique) à Santa Catarina – Brésil**. 1994. 251f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – École Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts.
- RAMOS, R. P. et al. Inter-relações solo, flora e fauna da Bacia do Rio Pardo Grande, MG. **Daphne**, Belo Horizonte, v.1, n.3, p.13-16, 1991.
- REIS, A. **A vegetação original do estado de Santa Catarina**. In: REIS, A. et al. Caracterização de estádios sucessionais Na vegetação Catarinense. Universidade Federal de Santa Catarina, CCA/CCB. UFSC, 1995.86p.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul**. Sellowia, 1983.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria de Agricultura e Abastecimento. 1988. 525p.

RICHARDS, P. W. **The tropical rainforest: an ecological study**. 2nd edition. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom. 1996.

RODERJAN, C. V.; KUNIYOSHI, Y. S. **Macrozoneamento Florístico da Área de Proteção Ambiental de Guaraqueçaba: APA**. GUARAQUEÇABA: FUPEF, Série técnica n.15, Curitiba, 1988.

RONDON NETO, R. M. et al. Estudos básicos para propostas de tratamentos silviculturais para acelerar o processo de recomposição da vegetação de uma clareira de formação antrópica, em Lavras, MG - Brasil. In: CICLO DE ATUALIZAÇÃO FLORESTAL DO CONE-SUL, 1999, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1999. p.165-176.

RÜGER, N. et al. Response of recruitment to light availability across a tropical lowland rain forest community. **Journal of Ecology**, v.97, p.1360-1368, 2009.

SANCHEZ, J. G.; TOURNON, J. Evaluación fitosociológica y etnobotánica de um bosque secundario cerca de Pucallpa. **Revista Florestal del Peru**, v.23, n.1-2, 2000.

SCHNEIDER, P. R. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria: UFSM, 1993. 348 p.

SCHNEIDER, P. R. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria: FACOS-UFSM, 2008.

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

SILVA, A. G. N.; SCHORN, L. A. **Efeitos da luminosidade no desenvolvimento inicial de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart.** Monografia. Graduação em Engenharia Florestal, Fundação Universidade Regional de Blumenau, 2005.

SMITH, D. M. **The Practice of Silviculture**, eighth ed. John Wiley, New York, 527 pp. 1986.

SOUSA-SILVA, J. C. et al. Desenvolvimento inicial de *Cabralea canjerana* Saldanha em diferentes condições de luz. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, v.4, p.80-89, 1999.

SOUZA, D. V. et al. Crescimento de espécies arbóreas em uma floresta natural de terra firme após a colheita de madeira e tratamentos silviculturais, no município de Paragominas, Pará, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.25, n.4, p.873-883, 2015.

SPOSITO, T. C.; SANTOS, F. A. M. Scaling of stem and crown in eight *Cecropia* (Cecropiaceae) species of Brazil. **American Journal of Botany**, v.88, p.939-949, 2001.

STEFANO, M. V.; CALAZANS, L. S. B.; SAKURAGUI, C. M. **Meliaceae**. In: Lista de espécies da flora do Brasil. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB9988>>.

STERCK, F. J.; BONGERS, J. Crown development in tropical rain forest trees: attens with tree height and light availability. **Journal of Ecology**, v.89, p.1-13, 2001.

TABANEZ, A. A. J.; VIANA, M. Patch structure within Brazilian Atlantic forest fragments and implications for conservation. **Biotropica**, v.32, n.4b, p.925-33, 2000.

TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. Gap-phase regeneration in a tropical montane forest: the effects of gap structure and bamboo species. **Plant Ecology**, v.148, n.2, p.149-155, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

VACCARO, S.; LONGHI, S. J.; BRENA, D. A. Aspectos da composição florística e categorias sucessionais do estrato arbóreo de três subseres de uma floresta estacionai decidual, no Município de Santa Tereza - RS. **Ciência Florestal**, v.9, n.1, p.1-18, 1999.

VAN VLIET, N. et al. Is there a continuing rationale for swidden cultivation in the 21st century? **Human Ecology**, New York, v.41, n.1, p.1-5, 2013.

VATRAZ, S. et al. Efeito da exploração de impacto reduzido na dinâmica do crescimento de uma floresta natural. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v.44, n.109, p.261-271, mar. 2016.

VILLEGAS, Z. et al. Silvicultural treatments enhance growth rates of future crop trees in a tropical dry forest. **Forest Ecology and Management**, v.258, p.971-977. 2009.

WADSWORTH, F. H. El manejo de los bosques naturales em Mexico tropical, América Central y islãs del Caribe. In: Congresso Florestal Panamericano, 1993. Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBS, SBEF, 1993, p.19-24.

WALLER, D. M. **The dynamics of growth and form**. In: Plant Ecology (Crawley, M. J. ed.) Blackwell Scientific Publications, Oxford, p.291-320, 1986.

WHITMORE, T. C. **Tropical Rain Forest of the Far East**. 2 ed. Oxford, Oxford University Press, 1984. 352 p.

ZIMMERMANN, A. P. L. **Dispersão efetiva e padrão espacial da regeneração natural de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, 78 p., 2014.

ZIMMERMANN, A. P. L.; LIRA, D. F. S.; FLEIG, F. D. Estrutura e distribuição espacial da regeneração natural de canjerana em Floresta Estacional Decidual. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.34, n.80, p.369-373, 2014.

ZIMMERMANN, A. P. L.; FLEIG, F. D.; MARANGON, G. P. Determinação da Distância de Dispersão Efetiva de *Cabralea canjerana*. **Floresta e Ambiente**, v.22, n.2, p.204-210, 2015.

### 3. ARTIGO 1 – ACELERAÇÃO DO CRESCIMENTO DE UMA POPULAÇÃO JOVEM DE *Cabralea canjerana* COM USO DA TÉCNICA DE LIBERAÇÃO

#### RESUMO

Este trabalho objetivou verificar a influência da técnica de liberação no crescimento de uma população jovem de *Cabralea canjerana* e baseado nisto determinar a melhor dimensão para as plantas serem liberadas e verificar as diferenças no crescimento entre plantas emergentes e dominadas. A liberação consistiu no corte raso de todas as espécies diferentes à espécie de interesse, sendo liberadas 90 árvores da espécie e 73 mantidas em competição (testemunha). As variáveis altura total e diâmetro a 10 cm do solo foram mensuradas antes e anualmente por quatro anos após a liberação. Ao final do experimento foram mensuradas as variáveis diâmetro de copa, comprimento de copa e altura de inserção dos galhos e as árvores foram classificadas conforme sua posição sociológica (emergentes ou dominadas). Os dados foram submetidos a testes de médias no pacote estatístico SISVAR. Plantas liberadas apresentaram incremento superior tanto em altura quanto diâmetro que árvores não liberadas. Contudo, o ganho de incremento em diâmetro e altura é superior quando realizado em plantas com até 100 cm de altura, principalmente se as plantas forem capazes de se tornarem emergentes. Árvores emergentes não liberadas apresentaram maior altura de inserção de galhos no fuste, o que na prática demonstra maior proporção de fuste livre de nós. Assim, conclui-se que a liberação estimula o crescimento de árvores jovens de *C. canjerana*.

**Palavras-chave:** Sucessão secundária. Aceleração do crescimento. Cortes seletivos. Incremento. Desrama.

#### ACCELERATION OF GROWTH OF A YOUNG POPULATION OF *Cabralea canjerana* WITH USE OF THE LIBERATION TECHNIQUE

#### ABSTRACT

This work aimed to verify the influence of the liberation technique on the growth of a young population of *Cabralea canjerana* and based on this determine the best size for the plants to be liberated, and verify the differences in growth between emergent and dominate plants. The liberation consisted of the clear cutting of all species different from the species of interest, with 90 trees from the species being liberated and 73 being kept in competition (control). The variables total height and diameter at 10 cm from the soil were previously measured and then annually for four years after the liberation. At the end of the experiment the crown diameter, crown length and branch insertion height were measured and the trees were classified according the treatment and sociological position (emergent or dominated). The data were submitted to means tests in the statistical package SISVAR. Liberated plants showed a higher increase in diameter or hight than not liberated trees. However, the increase gain in diameter and height is higher when realized in plants up to 100 cm high, especially if the plants are able to become emergent. Not liberated emergent trees showed higher branch insertion height in the stem, which in practice shows a higher proportion of stem free from nodes. Thus, it is concluded that the liberation stimulates the growth of young trees of *C. canjerana*.

**Key-words:** Secondary succession. Growth acceleration. Selection Cutting. Increment. Pruning.

## INTRODUÇÃO

As florestas apresentam processos pelo qual as mesmas são capazes de se recuperarem após distúrbios naturais ou antrópicos. Dentre esses, o principal é a sucessão secundária que é a capacidade de reaparecimento da vegetação em uma área perturbada (GLENN-LEWIN; VAN DER MAAREL, 1992). Este processo inicia após a abertura de uma clareira, criando condições adequadas para a regeneração de espécies pioneiras, que necessitam de altas temperaturas e muita luminosidade para sua perpetuação (WHITMORE, 1982). Posteriormente, o sombreamento formado pelo estágio pioneiro gera condições favoráveis ao estabelecimento de plântulas de espécies do grupo das secundárias.

Entretanto, espécies indesejáveis e cipós também possuem capacidade de se reestabelecer em áreas degradadas, podendo muitas vezes impedir o processo de recuperação natural da floresta devido ao seu crescimento excessivo (DAVIES; SEMUI, 2006; ESQUIVEL et al., 2008). Estas espécies prejudicam o crescimento e o estabelecimento das espécies nativas devido a competição por água, nutrientes e, principalmente por luz (HOFFMANN; HARIDASAN, 2008; ORTEGA-PIECK et al., 2011).

A luminosidade possui influência determinante no crescimento das árvores e na taxa de regeneração das espécies (VENTUROLI; FELFILI; FAGG, 2011). É ela quem conduz o processo de sucessão nas florestas tropicais e molda o estrato secundário (DENSLOW, 1987; VAN BREUGEL, 2007).

Embora espécies secundárias, como *Cabralea canjerana*, possuam habilidade de germinar e sobreviver à sombra por anos, ao longo do seu ciclo de vida necessitam de estímulos luminosos vindos da abertura de clareiras para alcançarem o dossel (KAGEYAMA; CASTRO, 1989). Diversos estudos têm demonstrado o importante papel da abertura de clareiras no dossel na determinação da estrutura da floresta (BROWN; WHITMORE, 1992; WHITMORE; BROWN, 1996). Contudo, este é um processo que pode demorar anos para acontecer de forma natural, sendo muitas vezes necessária a realização de intervenções para dar continuidade ao processo de sucessão (CHAPMAN et al., 2002).

Assim, o manejo de florestas secundárias possui como objetivo principal manter uma abertura no dossel capaz de favorecer o crescimento de espécies desejáveis do grupo das pioneiras e secundárias sem permitir a entrada de espécies invasoras (FREITAS, 2004). A manipulação da luz nas florestas pode ser feita através de uma técnica silvicultural chamada liberação. A liberação é a abertura do dossel através da realização de cortes de árvores indesejáveis para favorecer o desenvolvimento de árvores promissoras (SMITH, 1986). Essa

técnica baseia-se no pressuposto que a taxa de crescimento das árvores é proporcional ao grau de exposição da copa à luz e inversamente à concorrência (DAWKINS, 1955).

Estudos realizados por Wadsworth e Zweede (2006), Peña-Claros et al. (2008) e Villegas et al. (2009) em florestas tropicais, por exemplo, demonstraram que a aplicação da liberação aumentou significativamente a taxa de crescimento das espécies. Souza et al. (2014) também verificaram expressivo ganho em incremento em diâmetro para as espécies *Manilkara huberi* e *M. paraenses* como resposta aos tratamentos silviculturais aplicados.

De acordo com Silva (2001), as taxas de crescimento de árvores que receberam tratamentos silviculturais podem duplicar ou até mesmos quadruplicar em relação às árvores de florestas intactas. A suposição foi verificada por Kuusipalo et al. (1996), que concluíram que árvores liberadas de *dipterocarpos* apresentaram o dobro de crescimento em diâmetro de árvores não liberadas da espécie. Longhi (2011) realizando manejo experimental em Floresta Ombrófila Mista secundária no RS, constatou ganho de mais de 100% de incremento em diâmetro nos tratamentos que receberam cortes seletivos em relação ao tratamento testemunha.

Embora as taxas de crescimento possam ser aceleradas pelos tratamentos silviculturais, de acordo com Vatrax et al. (2012), ainda existem lacunas ao manejo florestas da maioria das espécies de interesse, principalmente em relação às respostas do padrão de crescimento à realização destas técnicas. Assim, este trabalho possui como objetivo analisar a influência da liberação no incremento periódico em diâmetro e altura e na forma de árvores jovens de *Cabralea canjerana* e verificar qual dimensão as árvores devem possuir para responder melhor à aplicação do tratamento.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Silveira Martins, região Central do Estado do Rio Grande do Sul. O clima conforme a classificação de Köppen é do tipo Cfa, subtropical úmido, com temperatura média anual de 18°C e precipitação média anual de 1700 mm (HELDWEIN; BURIOL; STRECK, 2009; ALVARES et al., 2013). Os solos segundo a Embrapa (2006) são Neossolos típicos, caracterizados pela pouca profundidade e pontos com pedregosidade visível.

A área amostral é um fragmento de Floresta Estacional secundária, onde no passado havia pastoreio de gado. A área foi isolada há cerca de 25 anos e a regeneração natural formou um dossel ralo com aproximadamente 6 metros de altura. Nela, foram instaladas setenta e sete parcelas contínuas (5 x 5 m cada) totalizando 1925 m<sup>2</sup>.

Todas as plantas de *C. canjerana* com altura igual ou maior que 30 cm foram contabilizadas e numeradas. Foram mensuradas as seguintes variáveis: diâmetro a 10 cm do solo (d), por se tratar de uma população em estágio de regeneração natural; altura total (h), altura de inserção da copa (hic), comprimento de copa (cc) e diâmetro de copa. Foram utilizados os equipamentos paquímetro, trena e hipsômetro Vertex, quando necessário.

A liberação foi feita através de corte raso em uma área de 750 m<sup>2</sup>, eliminando todas as árvores de espécies diferentes à espécie de interesse. Desta forma, permaneceram nestas parcelas somente *C. canjerana*. Nos primeiros anos, sempre que necessário, foram realizadas roçadas de manutenção nesta área a fim de evitar o sombreamento das plantas liberadas. No restante da área manteve-se a vegetação original como tratamento testemunha.

Como foi observada grande heterogeneidade de luminosidade nas plantas localizadas nas parcelas sem liberação, foi realizada a medição da incidência de luz com luxímetro. A medição foi realizada no ponto central da copa de cada planta, em dia de céu limpo, no horário entre as 11:00 e 13:00 hr. Considerando que em área aberta as árvores estavam recebendo 100% de luminosidade, determinou-se a luminosidade incidente nas árvores através do Índice de Luminosidade Relativo (IRL):

$$ILR = (lux \text{ floresta}) / (lux \text{ área aberta}) * 100$$

Como as sementes de *C. canjerana* são dispersas por pássaros, sua distribuição espacial é de forma agrupada. Portanto, embora a liberação tenha eliminado a competição de outras espécies sobre *C. canjerana*, na área de aplicação do tratamento, a competição passou a ser somente entre plantas da espécie. Para quantificar a competição da canjerana sobre as plantas liberadas e de outras espécies sobre as plantas não liberadas foi utilizado a área basal total da parcela, calculada pela soma das áreas basais de todas as plantas da parcela.

As plantas foram medidas logo após a liberação e anualmente por quatro anos para determinação do incremento periódico em diâmetro e altura. Na última avaliação as plantas foram classificadas de acordo com a sua posição sociológica na floresta (área não liberada) ou nos grupos formados pela própria espécie (área liberada). Foram consideradas emergentes aquelas que conseguiram alcançar o dossel da área não liberada (NLE) ou se sobressaíram nos grupos da espécie (LE) e dominadas as demais que permaneceram sombreadas por outras espécies (NLD) ou somente por canjerana (LD). As taxas de incremento foram analisadas também de acordo com a altura inicial das plantas no momento da liberação, sendo analisadas três classes de tamanho: 30 < h < 100 cm; 100 < h < 200; h > 200 cm.

A análise de correlação de Pearson foi realizada entre os incrementos periódicos em diâmetro e altura e as variáveis dendrométricas, morfométricas, o índice de competição e o índice de luminosidade relativo para verificar o grau de associação entre as variáveis.

Foram realizados os testes de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade dos dados e de Barlett para homogeneidade de variância. Quando os dados não atenderam os pressupostos, os mesmos foram transformados pela função Box-Cox. Os valores dos incrementos foram comparados por meio dos testes de média de Tukey e teste T no pacote estatístico SISVAR a 5% de probabilidade de erro.

## RESULTADOS

Em geral, os incrementos periódicos em diâmetro e altura das árvores não liberadas apresentaram valores superiores de correlação ao das árvores liberadas (Tabela 1). No geral, os incrementos se correlacionaram melhor com as dimensões iniciais e finais das árvores, assim como as variáveis de copa. O índice de luminosidade relativo e a área basal da parcela apresentaram baixa correlação com os incrementos, não podendo ser utilizados para explicar a influência da luz e da competição no crescimento das árvores analisadas.

Árvores liberadas apresentaram maior incremento periódico em diâmetro e altura que árvores não liberadas, mas sem diferenças estatísticas entre grupos. Ao analisar a taxa de incremento em diâmetro de acordo com a dimensão inicial que as plantas tinham ao serem liberadas, observa-se que o incremento periódico em diâmetro de árvores liberadas é superior à média das árvores não liberadas independente da altura inicial que as árvores possuíam quando foram liberadas (Figura 1). Entretanto, a liberação de árvores até 1 metro de altura propiciou um ganho de incremento de 56% em relação a árvores de mesmo tamanho não liberadas. Nas demais classes de altura inicial, a liberação promoveu um ganho em torno de 20%.

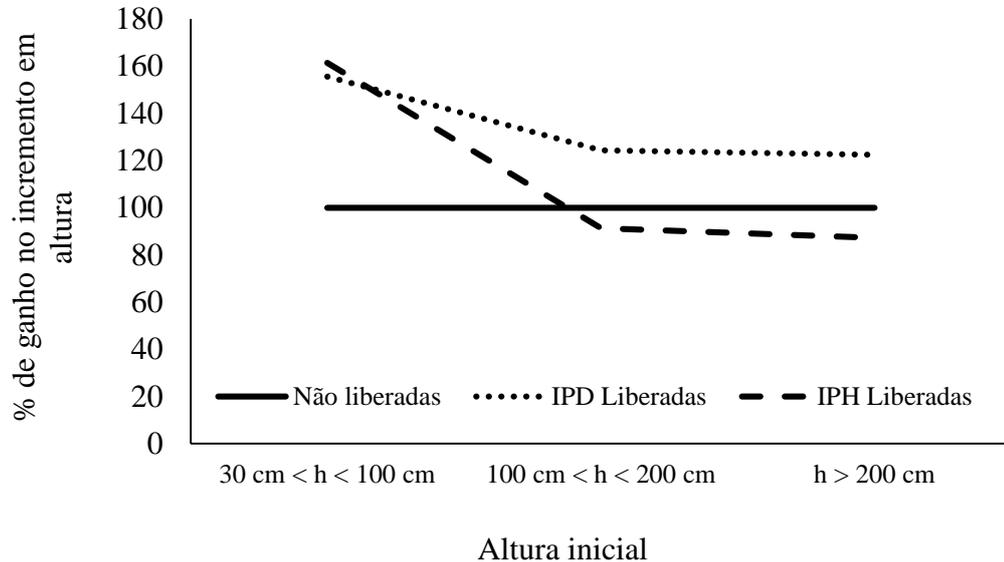
Por outro lado, o efeito da liberação no incremento em altura, foi observado somente em plantas de até 1 metro de altura, que apresentaram 61% a mais de incremento periódico em altura (IPH) em relação às árvores de mesmo tamanho não liberadas. Árvores que possuíam altura inicial acima deste limite, não responderam à liberação, apresentando cerca de 10% a menos de IPH que árvores mantidas sob competição natural.

Tabela 1 – Correlação de Pearson entre os incrementos periódicos em diâmetro e altura de árvores jovens de *C. canjerana* liberadas e não liberadas e suas variáveis dendrométricas, morfométricas e índices de competição

Tratamento	Variável	Média	IPD		IPH	
			p*	Prob.	p*	Prob.
Não liberadas	di	1,7a	0,600	0,002	0,593	0,000
	hi	1,1a	0,525	0,000	0,521	0,000
	df	5,1a	0,929	0,000	0,816	0,000
	hf	4,0a	0,826	0,000	0,954	0,000
	dc	184,2a	0,745	0,000	0,591	0,000
	cc	121,2a	0,690	0,000	0,796	0,000
	ILR	32,8a	0,335	0,002	0,280	0,010
	G	0,0132a	0,171	0,122	0,112	0,315
	IPD	3,4a	1,000	1,000	0,832	0,000
	IPH	2,9a	0,832	0,000	1,000	1,000
Liberadas	di	2,0a	0,257	0,022	0,292	0,009
	hi	1,3a	0,253	0,025	0,223	0,048
	df	6,8b	0,923	0,000	0,715	0,000
	hf	4,7a	0,719	0,000	0,945	0,000
	dc	205,0a	0,564	0,000	0,452	0,000
	cc	135,4a	0,675	0,000	0,786	0,000
	ILR	89,1b	0,288	0,002	0,247	0,019
	G	0,0101b	0,146	0,199	0,085	0,458
	IPD	4,8b	1,000	1,000	0,729	0,000
	IPH	3,4a	0,729	0,000	1,000	1,000

Em que: IPD: incremento periódico em diâmetro (cm); IPH: incremento periódico em altura (m); di: diâmetro inicial (cm); hi: altura inicial (m); df: diâmetro final (cm); hf: altura final (m); dc: diâmetro de copa (cm); cc: comprimento de copa (cm); ILR: índice de luminosidade relativo; G: área basal total da parcela (m<sup>2</sup>); p\*: coeficiente de correlação de Pearson (p); Prob.: probabilidade. Médias seguidas de mesma letra não diferenciam pelo teste T

Figura 1 – Ganho de incremento periódico em diâmetro (IPD) e altura (IPH) de árvores de *Cabralea canjerana* de acordo com a dimensão de altura que possuíam ao serem liberadas em relação às árvores de mesmo tamanho sem liberação



Das noventa plantas de *C. canjerana* que foram liberadas somente vinte e oito se tornaram emergentes. Das setenta e três árvores que não receberam tratamento de liberação, treze tornaram-se emergentes e conseguiram alcançar o dossel da vegetação através de suas próprias estratégias de alocação de recursos (Tabela 2).

Árvores emergentes liberadas e não liberadas apresentaram taxas de incremento em altura semelhantes e sem diferenças estatísticas, sendo o mesmo observado para o grupo das dominadas. Por outro lado, a liberação propiciou maior incremento em diâmetro para as árvores emergentes (LE), com diferenças estatísticas dos demais grupos. Plantas liberadas dominadas (LD) apresentaram taxa de incremento sem diferença estatística de plantas da mesma posição sociológica sem liberação (NLD).

Árvores não liberadas emergentes (NLE) apresentaram maior proporção de fuste limpo pois apresentaram maior altura de inserção do primeiro galho. Esta dimensão está relacionada ao comprimento de copa, uma vez que as árvores deste grupo apresentam copas mais curtas quando comparadas a árvores emergentes liberadas (LE). A liberação estimulou o alongamento e a expansão da copa das árvores emergentes, pois estas possuem maiores dimensões de comprimento e diâmetro de copa. Independente do tratamento a que foram submetidas, árvores dominadas possuem formato semelhante de copa, com diâmetro e comprimento menores que as emergentes.

Tabela 2 - Incremento periódico em altura total e diâmetro e dimensões finais de árvores jovens de *C. canjerana* liberadas e não liberadas em floresta secundária, RS, Brasil

Grupo	Incremento periódico				Dimensão final			
	N	ih	id	hf	df	hig	cc	dc
LE	28	5,1a	6,8a	6,9a	9,6a	4,7a	218,0a	239,0a
NLE	13	5,1a	5,2b	7,2a	7,4b	5,4a	186,0b	194,0ab
LD	62	2,7b	4,0c	3,7b	5,6c	2,7b	106,0c	189,0b
NLD	60	2,4b	3,0c	3,4b	4,5c	2,3b	98,0c	181,0b

Em que: LE: liberadas emergentes; NLE: não liberadas emergentes; LD: liberadas dominadas; NLD: não liberadas dominadas; N: número de árvores; ih: incremento em altura total (m); id: incremento em diâmetro (cm); hf: altura total final (m); df: diâmetro final (cm); hig: altura de inserção dos galhos (m); cc: comprimento de copa (cm); dc: diâmetro da copa (cm); médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro

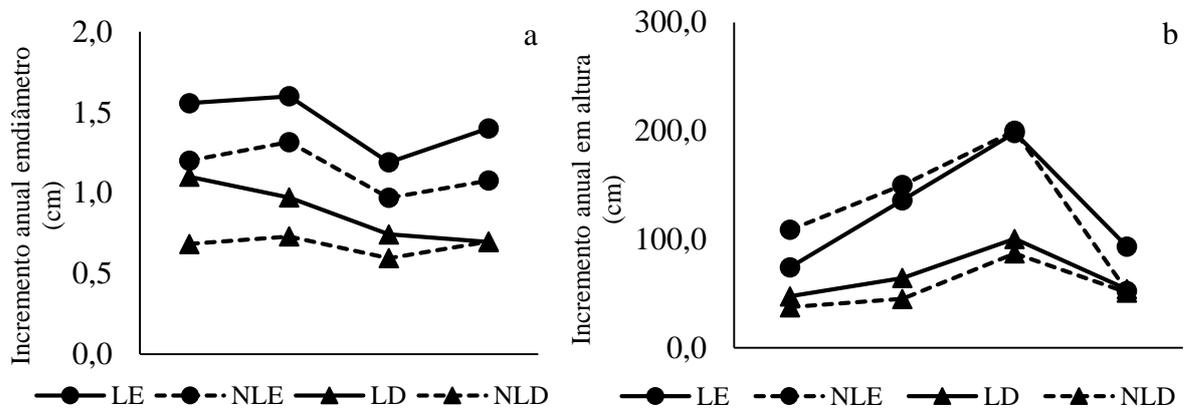
O comportamento das taxas de incremento periódico anual em diâmetro foi semelhante para as árvores LE, NLD e NLE, que apresentaram incremento em diâmetro crescente nos dois primeiros anos após a liberação (Figura 2a). Árvores liberadas emergentes e não liberadas dominadas apresentaram as maiores e menores taxas absolutas de incremento periódico anual em diâmetro, respectivamente.

Pode ser visualizada uma pequena queda no incremento destes grupos entre os anos 2015 e 2016 mas com retomada de crescimento no ano seguinte. Por outro lado, árvores LD apresentaram queda constante na taxa de incremento em diâmetro ao longo do período analisado.

A taxa de incremento em altura da espécie apresentou comportamento semelhante ao longo de período analisado, para todos os grupos de plantas (Figura 2b). O incremento periódico anual em altura manteve-se crescente até o terceiro anos após a liberação na área. No último ano, todos os grupos apresentaram queda na taxa de incremento, sendo este igual para árvores LD, NLD e NLE.

Árvores não liberadas que atingiram o dossel (NLE) apresentaram taxas de incremento periódico em altura superiores às árvores que foram liberadas e se tornaram dominantes nos grupos formados somente pela espécie *C. canjerana*.

Figura 2 - Comportamento da taxa de incremento anual em diâmetro (a) e altura (b) de plantas jovens de *C. canjerana* dominadas e emergentes liberadas e não liberadas



Em que: LE: liberadas emergentes; NLE: não liberadas emergentes; LD: liberadas dominadas; NLD: não liberadas dominadas

## DISCUSSÃO

O maior incremento em diâmetro em árvores liberadas é esperado, uma vez que esta variável é fortemente dependente da competição, apresentando uma relação inversamente proporcional a esta variável (PRETZSCH, 2009). A semelhança no incremento periódico em altura pode estar ligada ao fato de que as árvores mais altas já recebiam uma certa quantidade de luz em sua copa e ao serem liberadas não foram expostas a condições tão distintas às quais já estavam aclimatadas.

O ganho de incremento em diâmetro em árvores liberadas independente da dimensão que a plantas possuía ao ser liberada demonstra que há a espécie é capaz de responder positivamente ao tratamento, podendo esta técnica ser indicada a ser realizada na fase inicial e jovem de *C. canjerana* quando o interesse é promover o crescimento em diâmetro. Entretanto, o ganho de incremento em altura observado somente em plantas com dimensões iniciais até 100 cm de altura demonstra que a liberação não foi suficiente para estimular o crescimento em altura das árvores. A manutenção da competição na fase jovem da espécie estimula o crescimento em altura (LINKEVICIUS et al., 2014). Por se tratar de uma espécie secundária tardia, a competição incentivou o incremento em altura das árvores não liberadas de canjerana, pois estas investiram no crescimento vertical com o intuito de buscar luminosidade para suas copas. Lira (2016), comparando árvores de diferentes classes de diâmetro de *Enterolobium contortisiliquum* crescendo isoladas e sob competição, também constatou este efeito em árvores

da espécie. O mesmo foi encontrado por Vuaden (2013) que encontrou alturas maiores para árvores de *Cordia trichotoma* crescendo sob competição.

O fato de somente 31,1% das plantas liberadas se tornarem emergentes, demonstra que a aplicação da técnica de liberação baseada somente na supressão de espécies competidoras diferentes à espécie, não foi suficiente para superar a competição e promover o crescimento em altura de *C. canjerana*. Embora tenha havido diminuição da competição pelo corte raso das outras espécies na área, a competição intraespecífica permaneceu atuante sobre as plantas. A competição intraespecífica, ou auto competição, possui efeitos mais severos sob as plantas, pois quanto mais semelhantes geneticamente, mais similares serão suas exigências ambientais (BOS; CALIGARI, 1995).

Mesmo liberadas, mas sob auto competição, somente aquelas plantas que foram capazes de expressar sua capacidade de aproveitamento dos recursos, apresentaram incremento suficientes para alcançar o dossel nos grupos formados pela espécie. Conforme Scarpinati et al. (2009), as diferenças na capacidade de aproveitamento dos recursos resultam em diferentes taxas de incremento em altura, e são responsáveis pela formação dos estratos florestais. Assim, plantas que não alocaram recursos suficientes foram superadas pela auto competição e acabaram dominadas, permanecendo abaixo da copa das emergentes.

A semelhança na taxa de incremento periódico em altura em árvores de mesma posição sociológica infere que a liberação não estimulou o crescimento em altura das árvores que receberam este tratamento. Conforme Prodan et al. (1997) o crescimento em altura de uma espécie é determinado pela qualidade do sítio e a taxa de incremento desta variável é uma resposta às condições ambientais do local, não sendo influenciada pela competição.

Embora a liberação não tenha estimulado o crescimento em altura das árvores jovens de *C. canjerana*, árvores liberadas apresentaram maior taxa de incremento em diâmetro, demonstrando a eficiência da aplicação desta técnica para obtenção de maior volume de madeira. O crescimento em diâmetro é afetado negativamente pela competição (STAGE, 1975) sendo este efeito verificado tanto em florestas tropicais como temperadas (FOLI, 1993; STERBA; BLAB; KATZENSTEINER, 2002). A redução do incremento em diâmetro das árvores de *C. canjerana* sob competição pode ser explicado pela necessidade destas árvores alocarem recursos para o crescimento em altura. De acordo com Schneider e Schneider (2008) o crescimento em altura faz com que as árvores sacrifiquem o crescimento em diâmetro priorizando o crescimento longitudinal.

Além das variáveis dendrométricas, a redução da competição exerceu influência também na morfometria das árvores de *C. canjerana*, sobretudo das emergentes, que

apresentaram copas mais largas e compridas. De acordo com Sterba (2006), a competição lateral dificulta a expansão vertical e horizontal da copa, fazendo com que árvores sob competição apresentem menor diâmetro e comprimento de copa. Além disso, a necessidade de alcançar o dossel atrasou o processo de ramificação da copa das árvores não liberadas, reduzindo os requisitos de biomassa por unidade de crescimento em altura.

Árvores de mesma altura com copas mais curtas são um dos objetivos do manejo florestal, pois representam maior proporção de fuste sem galhos, o que na prática significa menores custos com tratos silviculturais. Os resultados obtidos neste estudo, demonstram que a liberação de árvores jovens de *C. canjerana* não deve ser realizada como técnica de manejo visando esta finalidade, uma vez que árvores emergentes que permaneceram sob competição, apresentaram maior altura de inserção dos galhos. Costa e Finger (2017) também verificaram uma relação inversa entre a competição e o comprimento de copa, e que árvores sob competição apresentaram maior altura do ponto de inserção da copa, resultando em maior proporção de madeira limpa, sem necessidade de desrama.

Embora muitos autores comentem a forte relação entre o incremento em diâmetro e a competição, a semelhança no ritmo de crescimento em diâmetro de árvores liberadas e não liberadas demonstra que outros fatores estão influenciando o crescimento das árvores na área e elas estão respondendo de forma semelhante às variações do meio. Os fatores ambientais podem influenciar sozinhos ou em conjunto o crescimento (POORTER; BONGERS, 1993), mas existem alguns que estão estreitamente ligados ao crescimento diamétrico das árvores, como por exemplo a precipitação (BOTOSSO; VETTER, 1991).

A taxa de incremento decrescente das árvores liberadas dominadas demonstra que a auto competição está afetando o desenvolvimento das plantas deste grupo. Uma solução para este problema seria a realização de desbastes nos grupos formados pela espécie mesmo após a liberação. Os cortes seletivos diminuiriam a competição intraespecífica através da eliminação de plantas severamente dominadas e promoveriam o crescimento de árvores potenciais com o intuito de aumentar o número de árvores emergentes e conseqüentemente maior volume de madeira da espécie.

O ritmo de incremento em altura também se mostrou semelhantes para as árvores dos grupos LE e NLE assim como LD e NLD. A queda no crescimento em altura das árvores emergentes sob competição no último ano pode estar ligada ao fato de que estas árvores já tenham conseguido alcançar o dossel e possivelmente a partir de agora venham a investir mais no crescimento em diâmetro.

Outra hipótese para a redução do crescimento em altura é o esgotamento da capacidade produtiva do sítio florestal, explicada pelos solos do local. De acordo com Carvalho (2002), a canjerana se desenvolve melhor em solos férteis, profundos e com boa drenagem. Entretanto, os Neossolos são solos com pouca profundidade, caracterizando-se por dificultar o crescimento radicular além de serem de baixa fertilidade (EMBRAPA, 2006).

## CONCLUSÕES

A liberação propiciou maior incremento em diâmetro e altura em árvores liberadas.

A liberação pode ser realizada em plantas jovens da espécie com diferentes dimensões quando o interesse é promover o crescimento em diâmetro, mas as plantas liberadas somente respondem ao incremento em altura quando possuem altura menor que 100 cm.

Árvores da espécie que se tornaram emergentes apresentaram maior incremento em diâmetro e altura que árvores que permaneceram dominadas, independente do terem ou não sido liberadas.

Árvores liberadas apresentaram maior comprimento de copa em relação a árvores do mesmo grupo sociológico não liberadas.

A manutenção das árvores sob competição natural propiciou maior altura de inserção dos galhos no fuste, o que na prática significa maior proporção de fuste livre de galhos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711–728, 2013.

BOS, I.; CALIGARI, P. **Selection methods in plant breeding**. London: Chapman & Hall, v.2, 347 p., 1995.

BOTOSSO, P. C.; VETTER, R. E. Alguns aspectos sobre a periodicidade e taxa de crescimento em oito espécies arbóreas tropicais de floresta de terra firme (Amazônia). **Revista do Instituto Florestal**, v.3, n.2, p.163-180, 1991.

BROWN, N. D.; WHITMORE, T. C. **Do dipterocarp seedlings really partition tropical rain forest gaps?** Philosophical Transactions Royal Society series B. p.369-78, 1992.

BROWN, S.; LUGO, A. E. Rehabilitation of tropical lands: a key to sustaining development. **Restoration Ecology**, v.2, p.97–111, 1994.

- CARVALHO, P. E. R. **Canjarana**. Circular técnica nº 67. Embrapa Florestas, Colombo, PR, 2002.
- CHAPMAN, C. A.; CHAPMAN, L. J. Forest restoration in abandoned agricultural land: a case study from East Africa. **Conservation Biology**, v.13, p.1301–1311, 1999.
- CHAPMAN C. A. et al. Does weeding promote regeneration of an indigenous tree community in felled pine plantations in Uganda? **Restoration Ecology**, v.10, p.408–415, 2002.
- COSTA, E. A.; FINGER, C. A. G. Efeito da Competição nas Relações Dimensionais de Araucária. **Floresta e Ambiente**, n.24, 2017.
- DAVIES, S. J.; SEMUI, H. Competitive dominance in a secondary successional rain-forest community in Borneo. **Journal Tropical Ecology**, v.22, p.53–64, 2006.
- DAWKINS, H. C. 1955. The refining of mixed forest, a new objective for tropical silviculture. **Empire Forestry Review**, v.2, n.34, p.188–191.
- DENSLOW, J. S. Tropical rainforest gaps and tree species diversity. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematic**, v.18, p.431–451, 1987.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.
- ESQUIVEL, M. J. et al. Effects of pasture management on the natural regeneration of neotropical trees. **Journal of Applied Ecology**, v.45, p.371–380, 2008.
- FOLI, E. G. **Crown dimensions and diameter growth of some tropical mixed forest trees in Ghana**. 1993. Tese de doutorado, University of Aberdeen, United of Kingdom, 185 pp. (in English), 1993.
- FREITAS, J. V. **Improving tree selection for felling and retention in natural forest in Amazônia through spatial control and targeted seed tree retention: a case study of a forest management project in Amazonas state, Brazil**. Thesis - Doctor of Philosophy, University of Aberdeen, Scotland, 2004.
- GLENN-LEWIN, D.C., VAN DER MAAREL, E. Pattern and processes of vegetation dynamics. In: GLENN-LEWIN, D.C., PEET, R.K., VEBLEN, T.T. (Eds.). **Plant succession: theory and prediction**. London: Chapman & Hall, p.11-59, 1992.
- HELDWEIN, A. B.; BURIOL, G. A.; STRECK, N. A. O clima de Santa Maria. **Ciência & Ambiente**, v. 38, p.43-58, 2009.
- HOFFMANN, W. A.; HARIDASAN, M. The invasive grass, *Melinis minutiflora*, inhibits tree regeneration in a Neotropical savanna. **Austral Ecology**, n.33, p.29–36, 2008.
- KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C. F. A. Sucessão secundária, estrutura genética e plantações de espécies arbóreas nativas. **IPEF**, Piracicaba, n.41/42, p.83-93, 1989.

- KUUSIPALO, J. et al. Population dynamics of tree seedlings in a mixed dipterocarp rainforest before and after logging and crown liberation. **Forest Ecology and Management**, n.81, p.85-94, 1996.
- LONGHI, R. V. **Manejo experimental de uma floresta ombrófila mista secundária no Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2011.
- LINKEVICIUS, E. et al. The impact of competition for growing space on diameter, basal area and height growth in pine trees. **Baltic Forestry**, v.2, n.20, p.301–313, 2014.
- LIRA, D. F. S. **Crescimento de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. em formações florestais secundárias em Santa Maria, RS**. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Maria, 2016.
- ORTEGA-PIECK, A. et al. Early seedling establishment of two tropical montane cloud forest tree species: the role of native and exotic grasses. **Forest Ecology and Management**, v.261, p. 1336–1343, 2011.
- PEÑA-CLAROS, M. et al. Regeneration of commercial tree species following silvicultural treatments in a moist tropical forest. **Forest Ecology and Management**, v.255, p.1283 - 1293, 2008.
- POORTER, L.; BONGERS, F. **Ecology of tropical forests**. Wageningen Agricultural University, 1993, 223 p.
- PRETZSCH, H. **Forest dynamics, growth and yield from measurement to model**. Heidelberg, Springer, Berlin, p. 664, 2009.
- PRODAN, M. et al. **Mensura Florestal**. San José: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit; 1997.
- REINERS, W. A. et al. Tropical rain-forest conversion to pasture - changes in vegetation and soil properties. **Ecological Applications**, n.4, p.363–377, 1994.
- SCARPINATI, E. A. et al. Influência do modelo de análise estatística e da forma das parcelas experimentais na seleção de clones de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.33, n.4, p.769-776, 2009.
- SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P. **Introdução ao manejo florestal**. 2. ed. Santa Maria, RS: UFSM, FACOS, 2008. 566 p.
- SILVA, J. N. M. **Manejo Florestal**. 3. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. v.1, 49p., 2001.
- SMITH, D. M. **The Practice of Silviculture**. Eighth ed. John Wiley, New York, 527p., 1986.

SOUZA, D. V. et al. Growth of *Manilkara huberi* and *Manilkara paraensis* after logging and silvicultural treatments in the municipality of Paragominas, Pará, Brazil. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v.44, n.3, p.485-496, 2014.

STAGE, A. R. **Prediction of Height Increment for Models of Forest Growth**. USDA Forest Service Research Paper, INT-164, Ogden, Utah, 32p., 1975.

STERBA, H.; BLAB, A.; KATZENSTEINER, K. Adapting an individual tree growth model for Norway Spruce (*Picea abies* L. Karst.) in pure and mixed species stands. **Forest Ecology and Management**, n.159, p.101-110, 2002.

STERBA, H. **Waldwachstumskunde: Skriptum zur Lehrveranstaltung**. Wien: Universität für Bodenkultur, Institut für Waldwachstumsforschung, 2006, 129 p.

TAFFAREL, M. et al. Efeito da silvicultura pós-colheita na população de *Chrysophyllum lucentifolium* Cronquist (Goiabão) em uma floresta de terra firme na Amazônia brasileira. **Revista Árvore**, Viçosa, v.38, n.6, p.1045-1054, 2014.

VAN BREUGEL, M. **Dynamics of secondary forests**. PhD thesis. Wageningen University, Wageningen, 2007.

VATRAZ, S. et al. Efeitos de tratamentos silviculturais sobre o crescimento de *Laetia procera* (Poepp.) Eichler em Paragominas, PA, Brasil. **Scientia Forestalis**, v.40, n.93, p.095-102, 2012.

VENTUROLI, F.; FELFILI, J. M.; FAGG, C. W. Avaliação temporal da regeneração natural em uma floresta estacional semidecídua secundária, em Pirenópolis, Goiás. **Revista Árvore**, v.35, n.3, p.473-483, 2011.

VILLEGAS, Z. et al. Silvicultural treatments enhance growth rates of future crop trees in a tropical dry forest. **Forest Ecology and Management**, v.258, p.971-977, 2009.

VUADEN, E. **Morfometria e incremento de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. na região central do Rio Grande do Sul**. 110 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2013.

WADSWORTH, F. H.; ZWEEDE, J. C. Liberation: acceptable production of tropical forest timber. **Forest Ecology and Management**, v.233, n.1, p.45-51, 2006.

WHITMORE, T. C. **On pattern and process in forests**. In: NEWMAN, E.I. – The plant community as a working mechanism. Oxford, Blackwell, 1982.

WHITMORE, T. C.; BROWN, N. D. Dipterocarp seedling growth in rain forest canopy gaps during six and a half years. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, v.351, p.1195–1203, 1996.

ZIMMERMANN, A. P. L.; LIRA, D. F. S.; FLEIG, F. D. Estrutura e distribuição espacial da regeneração natural de canjerana em Floresta Estacional Decidual. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.34, n.80, p.369-373, 2014.

#### 4. ARTIGO 2 - MECHANICAL STABILITY OF THE *Cabralea canjerana* SAPLINGS SUBMITTED TO LIBERATION IN SECONDARY FOREST, BRAZIL

##### ABSTRACT

The liberation of trees by cutting of the competing trees, woody vines and other lianas is a very important silvicultural practice of the management of forest species of interest present in secondary forests. Thus, we aimed to know the influence of the liberation on the mechanical stability and what dimensional limits of *C. canjerana* saplings must have so that there is no problem of buckling of the stem after the liberation. To this end, the liberation of 105 plants of the species was carried out and the diameter and height were measured before and annually for three years after the application of the treatment. Based on the Mechanical Design Theory, a regression model was generated to know to allocation mode of the diameter and height. The minimum diameter for buckling and the safety factor for all trees were calculated. The liberation resulted in the stem buckling of five trees, all below the safety limit, that is, with a real diameter smaller than the minimum diameter to support the weight of its height. According to the model generated the species grows proportionally in diameter and height, but the liberation influenced the mechanical stability of the plants liberated, making a greater increment in diameter necessary so that the trees remained standing. The results demonstrate that the dimensions of the trees to be liberated should be considered in order to avoid problems of stem buckling.

**Keywords:** Liberation thinning. Stem Buckling. Forest management. Natural regeneration. Critical diameter for the stem buckling.

#### ESTABILIDADE MECÂNICA DE MUDAS DE *Cabralea canjerana* SUBMETIDAS À LIBERAÇÃO EM FLORESTA SECUNDÁRIA, BRASIL

##### RESUMO

A liberação de árvores por meio do corte de árvores competidoras, cipós e outras lianas é uma prática silvicultural muito importante para o manejo de espécies florestais presentes em florestas secundárias. Assim, nós objetivamos conhecer a influência da liberação na estabilidade mecânica e quais os limites dimensionais que plantas de *C. canjerana* devem possuir para que não haja problema de flambagem do fuste após a liberação. Para isto, foi realizada a liberação de 105 plantas da espécie e o diâmetro e a altura foram medidos antes e anualmente por três anos após a aplicação do tratamento. Com base na Teoria do Design Mecânico, um modelo de regressão foi gerado para conhecer o modo de alocação do diâmetro e altura. O diâmetro mínimo para flambagem e o fator de segurança foram calculados para todas as árvores. A liberação resultou na flambagem do fuste de cinco árvores, todas abaixo do limite de segurança, isto é, com diâmetro real menor que o diâmetro mínimo para suportar o peso da sua altura. De acordo com o modelo gerado a espécie cresce proporcionalmente em diâmetro e altura, mas a liberação influenciou a estabilidade das plantas liberadas, necessitando um maior incremento em diâmetro para as árvores manter-se em pé. Os resultados demonstram que as dimensões das árvores a serem liberadas devem ser consideradas para evitar problemas de flambagem do fuste.

**Palavras-chave:** Desbaste de liberação. Flambagem do fuste. Manejo florestal. Regeneração natural. Diâmetro crítico para flambagem do fuste.

## INTRODUCTION

Due to their history of occupation, the forests of the South of Brazil were replaced over time by agricultural areas. However, the abandonment of these areas is responsible for the large percentage of secondary forests currently found in this region (VIBRANS et al., 2012).

The concept considers secondary forests as recent forests, with high density of the pioneer species (CHOKKALINGAN; JONG, 2001). However, in the secondary forests of the state of Rio Grande do Sul, it is common to find adult trees of the secondary species that need shade for their development in your initial and young phase (CALLEGARO et al., 2017). This demonstrates the advanced level of succession and development of these forests, which often present greater growth in biomass than the primary forests (VACCARO et al., 2011).

The establishment of pioneer species, together with the presence of remaining seed-producing trees, creates conditions for the recruitment and growth of secondary species, increasing the diversity of the population (FINEGAN, 1996; HUGHES; UOWOLO; TOGIA, 2012; MIAO; LIU; SHI, 2013) and accelerating the regeneration rate of the forest (SANDOR; CHAZDON, 2014).

However, the succession process also offers favorable conditions for the growth of pioneer species such vines and other lianas (ESQUIVEL et al., 2008). These species affect the establishment and development of species of commercial interest, by the rapid closure of the canopy and competition for light, water and nutrients (ORTEGA-PIECK et al., 2011).

According to Tabarelli and Mantovani (1999), the management of secondary forests becomes complex because species need different light intensities, and may vary during their life cycle (DUPUY; CHAZDON, 2006; DAVIDSON; MAUFFETTE; GAGNON, 2002). The regulation of the density of the desirable and invasive species can be done by the balance of incident solar radiation (GERWING; VIDAL, 2003) through a method called liberation.

The liberation of competing trees is a technique used to promote the growth of species of interest that are still immature or under competition (SCHNEIDER, 2008), but leaves them more susceptible to the actions of external forces such as wind. The liberation stimulates the growth of individual trees by decreasing competition with the removal of neighboring trees (KUIJK et al., 2014). This method is very suitable for young populations, where competition for light and nutrients is more intense (OLIVER; LARSON, 1990).

However, according to some authors, liberation cuts does not always have the desired effect on the population (OTSAMO, 2000; CHAPMAN et al., 2002). Milne (1991) concluded that there is a relationship between planting density and wind speed, with high densities

decreasing wind action on trees, reducing deflection and oscillations on the stem. An option to reduce the impact of the liberation would be the application of pre-liberation cuts, which gradually reduce competition, increasing tree vigor and wind resistance (GRAHAM et al., 1999).

Among the unwanted effects is the instability of the stem of the liberated trees. This is because the trees are exposed to a distinct condition of which were acclimatised, of greater susceptibility to the action of external forces or because they do not have proportional dimensions between height and diameter. When there is no dimensional equilibrium between the supporting structures (diameter) and the aerial part (height), the plant loses its stability and a phenomenon known as stem buckling occurs. This phenomenon has been investigated by several authors (NIKLAS, 1995; STERCK; BONGERS, 1998; JAOUEN et al., 2007; WATARI; NAGASHIMA; HIROSE, 2014) and differentiates from tree tipping because in this case the root is not removed and exposed; with only the inclination of the stem towards the ground occurring.

To minimize the risks of buckling, the plant must have a minimum diameter capable of supporting its own weight (MCMAHON, 1973). The mechanical stability of the trees can be evaluated by the safety factor, given by the ratio between the actual diameter and the critical buckling diameter (SPOSITO; SANTOS, 2001).

Another form of evaluation is through the analysis of the relation between the diameter and the height of the stem. The allometric relationship is one of the most important relationships in forest science (FINGER, 2006), and it is able to reflect the architecture of the tree and the proportion of investment of growth in height in relation to growth in diameter.

Given the importance of the liberation technique for the management of forests and secondary species, this work sought to analyze the dimensional limits required for young plants of *C. canjerana* to be liberated without problems of stem buckling.

## MATERIALS AND METHODS

The study area is located in the Central Region of Rio Grande do Sul, Brazil. According to the classification of Köppen, the climate of the site is of type Cfa, humid subtropical, with average annual temperature of 18°C and average annual precipitation of 1700 mm (HELDWEIN; BURIOL; STRECK, 2009; ALVARES et al., 2013). The soils are of the Neosols type, shallow and with visible rock outcrops (EMBRAPA, 2006).

In a area with 1925 m<sup>2</sup> of the secondary forest a total of the 211 plants of the *C. canjerana* with height equal to or greater than 30 cm were analyzed. The diameter were measured at 10 cm from the soil (d), because they were natural regeneration plants, with a digital caliper; and total height (h) with tape measure and hypsometer. These measurements occurred prior to liberation. The liberation was done t in an area of 750 m<sup>2</sup> by shallow cutting all the trees of other species different of the canjerana, woody vines and other lianas.

The effect of liberation cuts on plant stability was monitored annually after three years, with plant diameter and height remeasures annually. The Tukey test (5%) was used to verify differences in diameter and height between the plants groups.

In order to understand the reasons that led to the buckling of some trees, this work was based on the mechanical design theory (MCMAHON, 1973; SPOSITO; SANTOS, 2001). In order to know the mode of resource allocation of *C. canjerana* in the young phase, a regression model was generated between the diameter (dependent variable) and the total height (independent variable). The equation proposed by McMahon (1973) was generated through the proc reg procedure in the statistical package SAS version 9.3 (SAS, 2004). The angular coefficient (b1) was used to determine which model of mechanical design proposed in the literature best fits the data set analyzed.

The quality of the adjustment of the regression lines was determined through the analysis of the coefficient of determination (R<sup>2</sup>) and standard error, which measures the percentage of explanation of the dependent variable variance by the independent variable (SCHNEIDER, 1998). The values of diameter and height were transformed on a logarithmic scale in order to reduce the amplitude of the data and improve the quality of the adjustments. Shapiro Wilk and Bartlett tests were performed to verify the parametric regression assumptions.

The logarithmic, exponential, linear, power and polynomial models were tested in order to verify which best explains the allometric relation of the species. The critical diameter for buckling was calculated by the formula  $d_{crit} = 0,0011 \cdot h^{1,5}$  (d and h in centimeters) (KING, 1981). The safety factor was given by the ratio  $d/d_{crit}$ , where *d* is the current diameter and *dcrit* is the minimum diameter calculated.

## RESULTS

The liberation cuts were realized in 105 trees of the *C. canjerana* and immediately after five trees presented stem buckling (4.8 %). The mean diameter and height of the trees that remained standing after liberation were similar to the values of the trees that were not liberated,

demonstrating a homogeneity of plants in the area (Table 1). It is observed, however, that the trees that presented buckling had heights much superior to the average of the population.

The model generated from the regression analysis for the whole dataset was  $\log d = -1.87003 + 1.02269 \cdot \log h$ , which presented coefficient of determination ( $R^2$ ) of 0.8756 and standard error of the estimate of 0.2673. The safety factor, given by the ratio between the actual diameter of the tree and the critical diameter, demonstrates that most of the plants of *C. canjerana* had a real diameter greater than the critical diameter calculated to support their own weight before liberation (Figure 1a). However, all plants that presented buckling after liberation were below the safety limit; that is, they had a real diameter smaller than the critical diameter (Figure 1a).

Table 1 - Descriptive statistics for diameter and total height of the *Cabralea canjerana* trees liberated and not liberated in a secondary forest, RS, Brazil

Sample	Variable						
	N	d <sub>min</sub>	d <sub>mean</sub>	d <sub>max</sub>	h <sub>min</sub>	h <sub>mean</sub>	h <sub>max</sub>
Not-liberated	106	0,3	1,8a	4,8	30,0	114,7a	402,0
Liberated - standing	100	0,5	1,8a	4,5	39,0	117,7a	335,0
Liberated - buckled	5	1,9	2,8a	4,1	174,0	259,2b	392,0

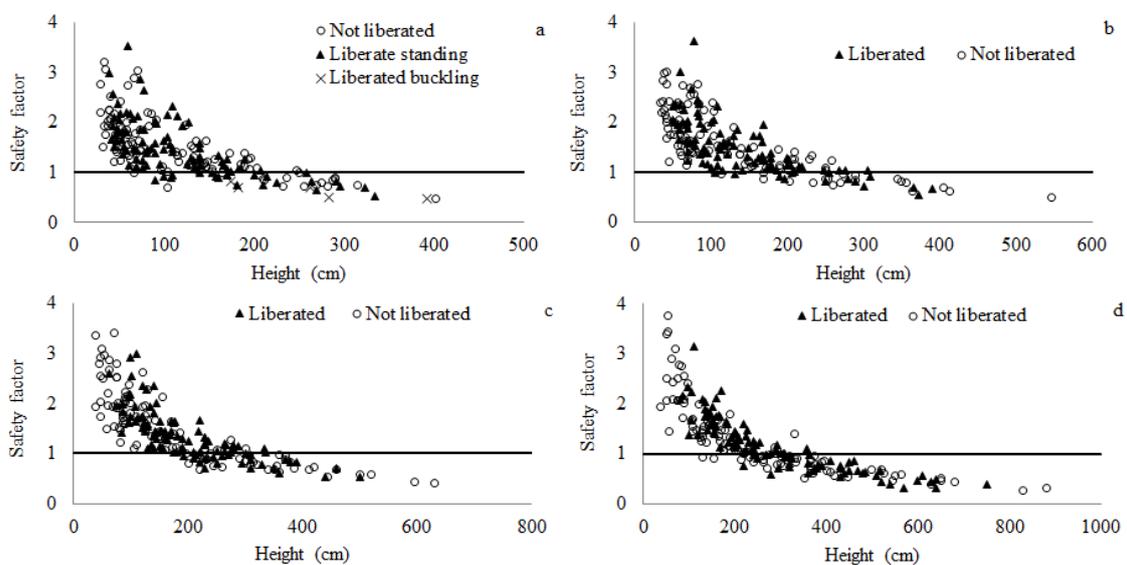
In which: n: number of observations; d<sub>min</sub>: minimum diameter (cm); d<sub>mean</sub>: mean diameter (cm); d<sub>max</sub>: maximum diameter (cm); h<sub>min</sub>: minimum total height (cm); h<sub>mean</sub>: average total height (cm); h<sub>max</sub>: maximum total height (cm). Averages with the same letter do not have statistical differences at 5% probability of error by Tukey test

Trees up to one meter height seem to maintain their growth with greater stability, investing more in growth in diameter than in height. From this point, it is noticed that there is a decrease in the allocation of resources in support structures, greater growth in height and consequently reduction of the safety factor, being this fact more clearly noticed after two meters in height. Because the canopy is relatively low, taller trees are already brighter, so a greater investment in height occurs as an attempt to reach the top of the canopy.

Three years after the liberation, the geometric similarity model remained the one that best explains the form of allocation of the resources of the studied population. However, the value of the model varied after the application of the forest management technique, with reduction of the angular coefficient ( $\log d = -0.8939 + 0.6493 \cdot \log h$ ), demonstrating that in order to remain standing, the liberated plants required a greater increase in diameter when compared to those that were not liberated.

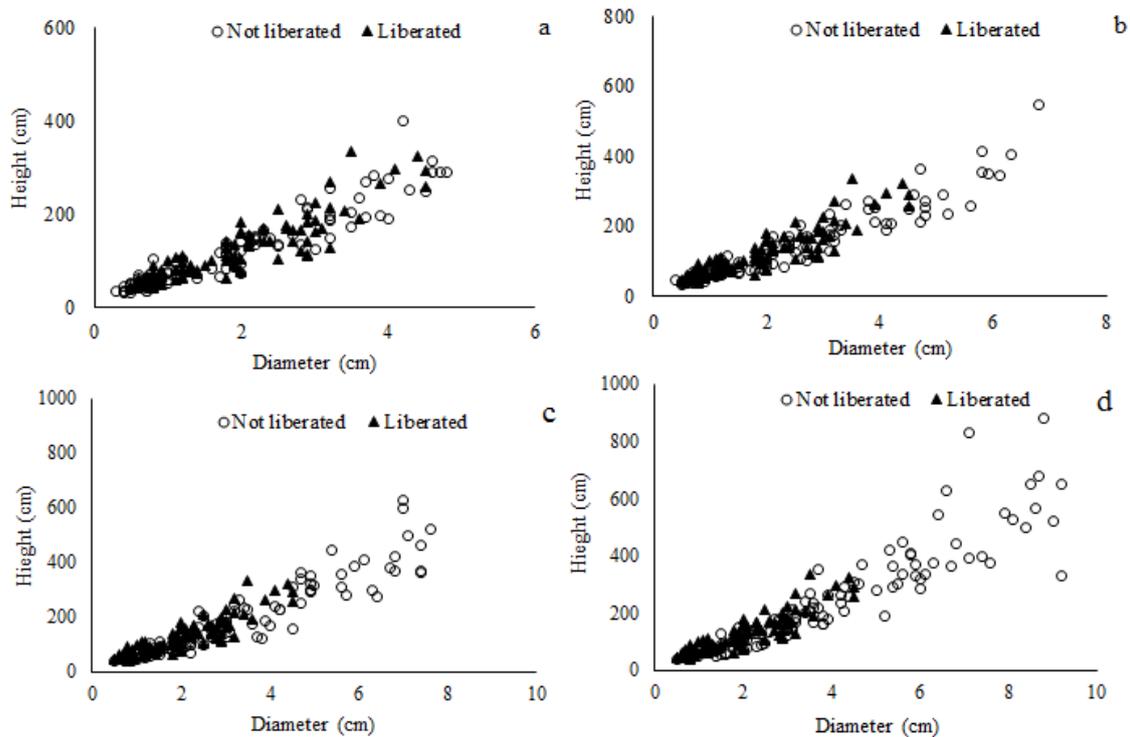
In other words, the rate of increase between height and diameter did not remain the same with the passage of time, requiring a greater increase in diameter in relation to the increase in height after the liberation so that the trees remained standing. This disproportionality is evidenced when one observes the annual behavior of the safety factor after the liberation (Figure 1b, 1c and 1d). It is observed that in the first two years, the liberated plants increased their critical diameter for buckling, consequently increasing their safety factor (Figure 1b).

Figure 1 - Safety factor ( $d/d_{crit}$ ) of *C. canjerana* saplings immediately after the liberation (a), and one, two and three years after the liberation (b, c and d, respectively).



Thus, the influence of the liberation on the relation  $h/d$  of the trees with the passage of time is also observed. The need for trees to become more stable, with greater diameter increase in the first year after liberation, made them less slender, decreasing their  $h/d$  ratio (Figure 2b). This difference is more evident over time. Three years after the liberation cuts, liberated trees showed lower  $h/d$  relationship than not liberated trees (Figure 2d).

Figure 2 - Relationship height-diameter of the not liberated and liberated trees of *C. canjerana* before (a), one, two and three years after a liberation (b, c and d, respectively)



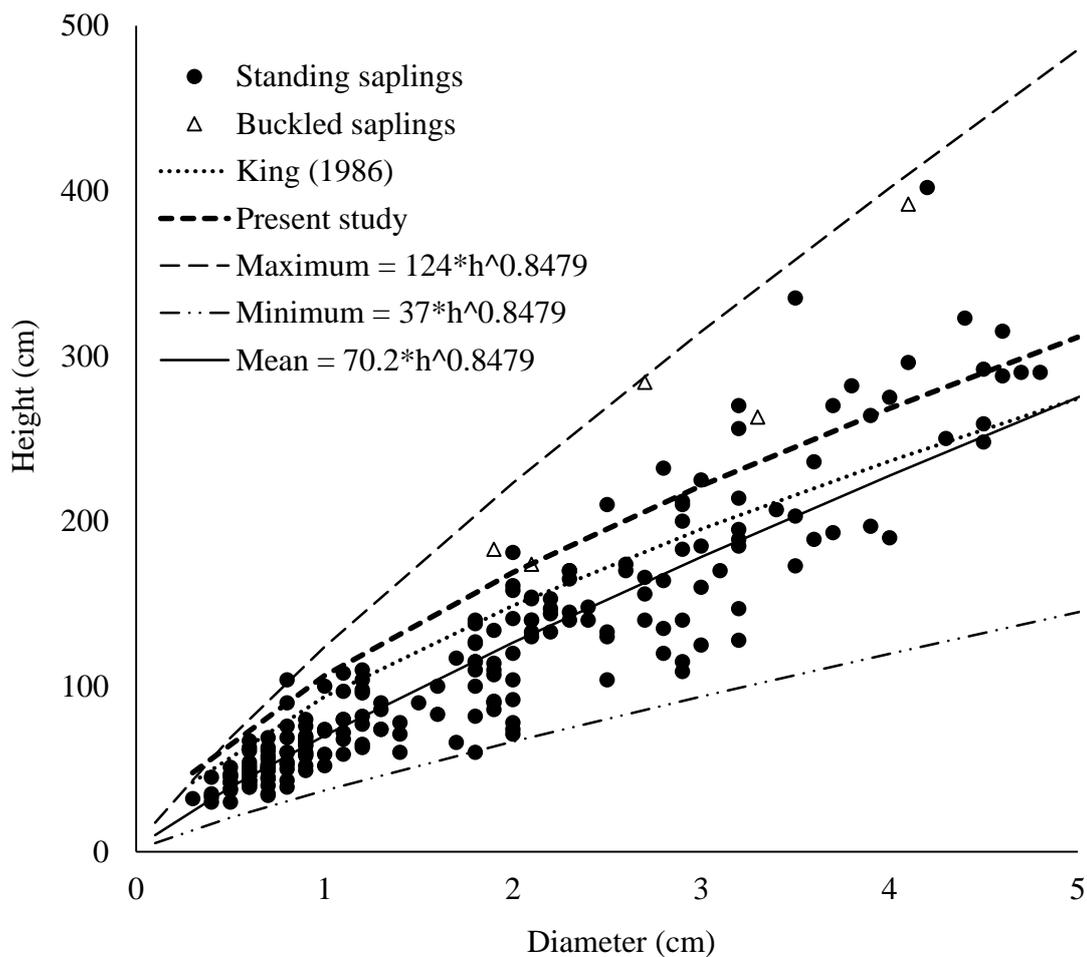
The increase in the number of the plants with a diameter smaller than their critical diameter on and two year after the liberation can be explained by this. As the trees were already acclimated to the new condition and had already increased enough diameter to become more stable in the first year after the liberation, they continued to grow again in height and began to maintain their diameter close to the critical diameter of buckling.

Based on the highest value of the determination coefficient, the model that best fit the height-diameter ratio of the species in the young phase was  $h = 70.255 \cdot d^{0,8479}$ , which showed  $R^2$  equal to 0.8815. It is observed that there is a greater variation in the h/d ratio up to 1 cm of diameter, where trees with heights varying from 30 to 80 centimeters, approximately, can be found (Figure 3).

The dotted line, which represents the critical height supported by a given diameter, proposed by King (1981), shows that the great majority of the plants analyzed had heights smaller than their diameter was able to withstand. However, plants which presented problems of stem buckling are above the critical line, since they had height greater than the one supported by their diameter, as already discussed above.

The dashed line was defined from the analysis of the allometric relation of the five buckled trees. The coefficients of the equation proposed to calculate the critical diameter for buckling were redefined according to the values of height and diameter of the individual which is closest to the line given by the formula  $d_{crit} = 0.0011 \cdot h^{1.5}$ . Thus, the equation that best explains the relationship between height and critical diameter of *C. canjerana* trees is  $d_{crit} = 0.00091 \cdot h^{1.5}$ , which shows that this species is able to withstand a higher height for the same diameter without deflection of the stem.

Figure 3 - Relationship height-diameter for *Cabralea canjerana* saplings, in a fragment of a deciduous seasonal forest, in Rio Grande do Sul, Brazil, immediately after the liberation. The solid line shows the midpoints of this relationship. The dotted line represents the critical height limits for buckling according to King (1981) and the dashed line represents the redefined limits for the species



## DISCUSSION

The stem buckling of the 5 trees immediately after the liberation demonstrate that shows that these trees already had unstable stems due to the disproportionality of the growth between diameter and height. Possibly, these trees were only standing because they were being supported by the neighboring trees.

According to the angular coefficient and its confidence interval, the relation between the diameter and the height of *C. canjerana* frames the species in the mechanical design model of geometric similarity (NORBERG, 1988). This means that trees have an isometric growth between supporting structures and growth strategies, that is, there is a proportional growth between diameter and height (1-1).

For natural regeneration trees as it is the case, this model is valid since trees are not under constant stress from the wind and there is no need for greater allocation of resources for supporting structures (diameter). Silva et al. (2009) found similar values for the height exponent by analyzing understorey trees and commented that trees in this condition tend to allocate resources for greater light uptake, as suggested by Osunkoya et al. (2007).

Another explanation for this model is given by Niklas (1995) and Furtado (2005), who suggest that isometric growth is expected early in the plant cycle, while elastic similarity and constant stress models are expected in adulthood. These differences in the mechanical design according to age or succession stage were also observed by Alves and Santos (2002), O'Brien et al. (1995) and Bohlman and O'Brien (2006). According to Vanninen and Mäkelä (2000), as competition for light increases, plants become more etiolated, resulting in greater carbon allocation at the height of shaded trees, preventing them from being overtaken by their competitors.

Analyzing the allometric relationships of eight species of the genus *Cecropia*, Sposito and Santos (2001) also observed a decrease in the safety factor as height increased in most species. Species of this genus, as well as *C. canjerana*, also appear to maintain a higher diameter growth rate in the early stages of development.

There is still no consensus definition on the relationship safety factor/succession group. What should be taken into account is the adaptation of the species in the place of its development since species of different tolerances to shade presented the same standard for the safety factor (STERCK; BONGERS, 1998). What can be evidenced in this case is that since *C. canjerana* is a species of tolerant behavior (ZIMMERMANN, 2014), and needs a stimulus of luminosity to increase its rate of growth in height. The plants take advantage of the maintenance

period in the shade to allocate resources in diameter, especially at the beginning of their life cycle.

According to King et al. (2009), in the period of less competition for light, the species in the understory tend to increase their safety factor, since they do not need higher investments in height to reach the canopy and thus accumulate more biomass in the supporting structures.

According to Niklas (1994), for the same mass, thinner trees are exposed to a higher level of compressive stress on their stem. In their study, Watt et al. (2006) hypothesize that trees are capable of detecting and responding to higher levels of stress, producing new wood with higher modulus of elasticity, both to reduce stem stress and to increase resistance to buckling.

The formula developed by King (1981) and based on the model of elastic similarity proposed by McMahon (1973) has been criticized over time for its generality. The variation of wood density between species and also along the stem (WIEMANN; WILLIAMSON, 1989) was not considered by the proposed formula. In addition, Sposito and Santos (2001) also criticize it for the fact that the deduction of the formula assumes that the modulus of elasticity of the species is constant, standing approximately at  $10^5$  kgf/m<sup>2</sup>, considered low by Niklas (1992) who considered that for the majority of the woody species this value would be close to  $10^8$  kgf/m<sup>2</sup>.

## CONCLUSION

The liberation resulted in the stem buckling of five *C. canjerana* trees (4,8 %), all of them with a critical diameter smaller than necessary to support the weight of their height.

*Cabralea canjerana* in the natural regeneration phase develops according to the mechanical design model of geometric similarity, with proportional investment in the growth rate in diameter and height.

The liberation influenced the model coefficients and the safety factor behavior over time, due to the need for the plants to become more stable. However, the mechanical design model remained the one that best explains the resource allocation in the plants analyzed after three years of evaluation.

For a same diameter, *C. canjerana* saplings seem to support a height higher than the one proposed in the literature, where the redefined equation that best explains this relation is  $d_{crit} = 0,00091 \cdot h^{1,5}$ .

Due to the importance of the liberation as a technique to increase the growth rates in secondary forests, studies like this should be repeated with other species of interest, in order to

know the dimensional limits for the application of this technique without damages to the mechanical stability of the trees.

## REFERENCES

- ALVARES, C. A. et al. Modeling monthly mean air temperature for Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 113, p. 407–427, 2013.
- ALVES, L. F.; SANTOS, F. A. M. Tree allometry and crown shape of four tree species in Atlantic rain forest, south-east Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v.18, p.245-260, 2002.
- BOHLMAN, S.; O'BRIEN, S. Allometry, adult stature and regeneration requirement of 65 tree species on Barro Colorado Island, Panama. **Journal of Tropical Ecology**, v.22, p.123-136, 2006.
- CALLEGARO, R. M. et al. Fitossociologia e fatores ecológicos condicionantes da vegetação em uma floresta estacional na região central do Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia, Série Botânica**, v.72, p.33-43, 2017.
- CHAPMAN, C. A. et al. Does weeding promote regeneration of a indigenous tree community in felled pine plantations in Uganda? **Restoration Ecology**, v.10, p.408-415, 2002.
- CHOKKALINGAN, U.; JONG, W. D. Secondary forest: a working definition and typology. **International Forestry Review**, v.3, n.1, p.19-24, 2001.
- DAVIDSON, R.; MAUFFETTE, Y.; GAGNON, D. Light requirements of seedlings: a method for selecting tropical trees for plantation forestry. **Basic Applied Ecology**, n.3, p.209-220, 2002.
- DUPUY, J. M.; CHAZDON, R. L. Effects of vegetation cover on seedlings and saplings dynamics in secondary tropical wet forests in Costa Rica. **Journal Tropical Ecology**, n.22, p.65-76, 2006.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- ESQUIVEL, M. J. et al. Effects of pasture management on the natural regeneration of neotropical trees. **Journal of Applied Ecology**, v.45, p.371-380, 2008.
- FINGER, C. A. G. **Biometria Florestal**. Universidade Federal de Santa Maria, 314p., 2006.
- FINEGAN, B. Pattern and process in neotropical secondary rain forests: the first 100 years of succession. **Trends Ecology Evolution**, v.11, p.119-124, 1996.
- FURTADO, G. A. **Estrutura de uma população de *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (Rutaceae) numa Floresta Estacional Semidecídua no sudeste do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

GERWING, J. J.; VIDAL, E. **Abundância e diversidade de espécies de cipó oito anos após seu corte e exploração de madeira numa floresta na Amazônia Oriental**. P. 25-34. In: *Ecologia e manejo de cipós na Amazônia Oriental*. E. Vidal & J. J. Gerwing (orgs.). Belém: Imazon, 2003.

GRAHAM, R. T. et al. **The effects of thinning and similar stand treatments on fire behavior in western forests**. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-463. Portland, OR: USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 27p. 1999.

HELDWEIN, A. B.; BURIOL, G. A.; STRECK, N. A. O clima de Santa Maria. **Ciência & Ambiente**, v.38, p.43-58, 2009.

HUGHES, R. F.; UOWOLO, A. L.; TOGIA, T. P. Recovery of native forest after removal of an invasive tree, *Falcataria moluccana*, in American Samoa. **Biological invasions**, v.14, p.1393-1413, 2012.

JAOUEN, G. et al. How to determine sapling bucklings risk with only a few measurements. **American Journal of Botany**, v.94, n.10, p.1583-1593, 2007.

KING, D. A. Tree dimensions: maximizing the rate of height growth in dense stands. **Oecologia**, v.51, p.351-356, 1981.

KING D. A. et al. Trees approach gravitational limits to height in tall lowland forests of Malaysia. **Functional Ecology**, v.23, p.284-291, 2009.

KUIJK, V. M. et al. Stimulating seedling growth in early stages of secondary forest succession: a modeling approach to guide tree liberation. **Frontiers in Plant Science**, v.5, 2014.

MCCMAHON, T. Size and shape in biology. **Science**, v.179, p.1201-1204, 1973.

MIAO, N.; LIU, S.; SHI, Z. A review of ecological effects of remnant trees in degraded forest ecosystems after severe disturbances. *Shengtai Xuebao*. **Acta ecologica Sinica**, v.33, p.3889-3897, 2013.

MILNE, R. Dynamics of swaying of *Picea sitchensis*. **Tree Physiology**, v.9, n.3, p.383-399, 1991.

NIKLAS, K. J. **Plant biomechanics, an engineering gradient to plant form and function**. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA, 1992.

NIKLAS, K. J. **Plant allometry-the scaling of form and process**. Chicago, IL: University of Chicago Press, 1994.

NIKLAS, K. J. Size-dependent allometry of tree height, diameter and trunk taper. **Annals of Botany**, v.75, p.217-227, 1995.

NORBERG, R. A. Theory of growth geometry of plants and self-thinning of plant populations: geometric similarity, elastic similarity, and different growth modes of plant parts. **American Naturalist**, v.131, p.220-256, 1988.

- O'BRIEN, S. T. et al. Diameter, height, crown, and age relationships in eight neotropical tree species. **Ecology**, v.76, p.1926-1939, 1995.
- OLIVER, C. D., LARSON, B. C. **Forest stand dynamics**. McGraw-Hill, New York, USA, 467P.
- ORTEGA-PIECK, A. et al. Early seedling establishment of two tropical montane cloud forest tree species: the role of native and exotic grasses. **Forest Ecology Management**, v.261, p.431-330, 2011.
- OTSAMO, R. Early development of three planted indigenous tree species and natural understorey vegetation in artificial gaps in an *Acacia mangium* stand on an *Imperata cylindrical* grassland site in South Kalimantan, Indonesia. **New Forest**, v.19, p.51-68, 2000.
- OSUNKOYA, O. O. et al. Comparative height-crown allometry and mechanical design in 22 tree species of Kuala Belalong Rainforest, Brunei, Borneo. **American Journal of Botany**, v.94, p.1951-1962, 2007.
- SANDOR, M. E.; CHAZDON, R. L. Remnant trees affect species composition but not structure of tropical second-growth forest. **Plos One**, v.9, n.1, 2014.
- SAS Institute. **The SAS System for Windows**. Cary: SAS Institute. 2004.
- SCHNEIDER, P. R. **Análise de regressão aplicada à Engenharia Florestal**. 2 ed. Santa Maria. UFSM, Centro de Pesquisas Florestais, 1998. 236 p.
- SCHNEIDER, P. R. Introdução ao manejo florestal. Santa Maria: FACOS-UFSM, 2008.
- SILVA, S. C. et al. **Modelos alométricos como preditores das estratégias de alocação de recursos em árvores emergentes e de subdossel**. Prática da pesquisa em Ecologia da Mata Atlântica. Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade de São Paulo. 2009.
- SPOSITO, T. C.; SANTOS, F. A. M. Scaling of stem and crown in eight *Cecropia* (Cecropiaceae) species of Brazil. **American Journal of Botany**, v.88, p.939-949, 2001.
- STERCK, F. J.; BONGERS, J. Ontogenetic changes in size, allometry, and mechanical design of tropical rain forest trees. **American Journal of Botany**, v.85, n.2, p.266-272, 1998.
- TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. A regeneração de uma floresta tropical montana após corte e queima (São Paulo, Brasil). **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v.59, n.2, p.239-250, 1999.
- VACCARO, S.; WOJCIECHOWSKI, J. C.; FINGER, C. A. G. **Dinâmica do crescimento e produção em florestas secundárias**. In: Schumacher, M. V. e A Floresta Estacional Subtropical: caracterização e ecologia do rebordo do Planalto Meridional. 2011, 320p.
- VANNINEN, P.; MÄKELÄ, A. Allocation of growth between needle and stemwood production in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) trees of different age, size, and competition. **Tree Physiology**, n.8, p.527-533, 2000.

VIBRANS, A. C. et al. **Considerações finais e recomendações.** In: VIBRANS, A.C. et al. Inventário florístico florestal de Santa Catarina. Volume 1: diversidade e conservação dos remanescentes florestais. Blumenau: Editora da FURB, 2012. 333-336 p.

WATARI, R.; NAGASHIMA, H.; HIROSE, T. Stem extension and mechanical stability of *Xanthium canadense* grown in an open or in a dense stand. **Annals of Botany**, v.114, n.1, p.179-190, 2014.

WATT, M. S. et al. Modelling Environmental Variation in Young's Modulus for *Pinus 72radien* and Implications for Determination of Critical Buckling Height. **Annals of Botany**, v.98, n.4, p.765–775, 2006.

WIEMANN, M. C.; WILLIAMSON, G. B. Wood specific gravity 72radients in tropical dry and montane rain forest trees. **American Journal of Botany**, v.76, p.924-928, 1989.

ZIMMERMANN, A. P. L. **Dispersão efetiva e padrão espacial da regeneração natural de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart.** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, 78 p., 2014.

## 5. ARTIGO 3: PLASTICIDADE MORFOLÓGICA E FISIOLÓGICA DE ÁRVORES JOVENS DE *Cabralea canjerana* EM DIFERENTES LUMINOSIDADES

### RESUMO

Este trabalho foi realizado com o objetivo de verificar a plasticidade dos folíolos de plantas jovens de *Cabralea canjerana* e sua capacidade de adaptação a diferentes ambientes luminosos por meio de características morfológicas e fisiológicas. Para isto, foram selecionadas 12 plantas de fragmento de Floresta Estacional Decidual secundário, sendo seis crescendo sob dossel e seis a pleno sol. As árvores foram classificadas conforme sua posição sociológica em emergentes e dominadas. As folhas foram classificadas em apicais, intermediárias e basais de acordo com a sua posição na copa. Foram mensuradas as variáveis número total de folhas, largura, comprimento, espessura, área foliar e massa seca dos folíolos; teor de clorofilas *a* e *b* e carotenoides. As médias foram comparadas por teste “t” e Tukey no pacote estatístico SISVAR. Folíolos de árvores a pleno sol, emergentes e da posição superior da copa, considerados os mais expostos a luminosidade, apresentaram características xeromórficas como redução do tamanho do folíolo, maior espessura do limbo, menor área foliar e maior teor de clorofila *b*. A semelhança no teor de massa seca e no conteúdo de pigmentos evidenciam que a atividade fotossintética das plantas de *C. canjerana* analisadas não está sendo prejudicada pelas diferentes condições do ambiente, o que demonstra a plasticidade da espécie e sua capacidade de desenvolvimento em diversas condições de luminosidade.

**Palavras-chave:** Radiação solar. Clorofilas. Atributos foliares. Folhas de sol e de sombra.

### MORPHOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL PLASTICITY OF *Cabralea canjerana* SAPPLINGS IN DIFFERENT LUMINOSITIES

#### ABSTRACT

This work aimed to understand the influence of the different levels of the luminosity on the morphological and physiological characteristics of the leaflets of young plants of *Cabralea canjerana*. For this, where selected 12 plants, six growing understory and six a full sun. Trees were classified according to their sociological position in emerging and dominated. The leaves were classified as apical, intermediate and basal according to the position in the canopy. The variables measured were: total number of leaves, width, length, thickness, leaf area and dry weight of leaflets; content of chlorophyll *a* and *b*, and carotenoids. The means were compared by “t” and Tukey tests in the statistical package SISVAR. Leaflets of trees in full sun, emergent and upper position of the crown, considered the most exposed to luminosity, presented xeromorphic characteristics such as leaflet size reduction, limb thickness, leaf area and chlorophyll *b*. The similarity in the dry weight and in the pigment content evidence that the photosynthetic activity of the *C. canjerana* plants analyzed is not being affected by the different conditions of the environment, which demonstrate plasticity of this specie and its capacity of development in diverse luminosity conditions.

**Key-words:** Solar Radiation. Chlorophylls. Leaf Attributes. Sun and Shade Leaves.

## INTRODUÇÃO

Nas florestas tropicais, a luminosidade é um dos fatores mais influentes no processo de estabelecimento e crescimento das espécies (LAMBERS; CHAPIN; PONS, 2008). Durante seu ciclo de vida, as plantas são expostas a diferentes fases de alta e baixa luminosidade, principalmente pelo processo natural de abertura e fechamento de clareiras. Assim, é necessário que as plantas possuam características eficientes para captação da luz solar, a fim de obterem vantagens na competição entre espécies e permanência na população (KLICH, 2000).

A capacidade de responder de forma adaptativa às mudanças nas condições ambientais é chamada de plasticidade fenotípica. Segundo VALLADARES et al. (2005), plantas jovens possuem maior nível de plasticidade quando comparadas a plantas adultas, demonstrando a importância deste processo no estabelecimento das espécies. A folha é o órgão vegetal de maior exposição à radiação solar, além de apresentar maior plasticidade, sendo capaz de aclimatar-se rapidamente de acordo com as variações no ambiente. Cada folha é capaz de reagir individualmente às alterações do seu habitat, a fim de manter sua eficácia fotossintética (GRATANI; COVONE; LARCHER, 2006).

Por possuírem capacidade adaptativa em função da exposição à radiação solar, as folhas são classificadas em folhas de sol e folhas de sombra, sendo as diferenças morfoanatômicas os principais quesitos para diferenciá-las (MENEZES et al., 2009). As principais diferenças entre folhas de sol e sombra são em relação à quantidade de camadas e distribuição de células do mesófilo (YANO; TERASHIMA, 2004), podendo também apresentar variações na concentração de pigmentos fotossintetizantes (REGO; POSSAMAI, 2006) e manutenção e proteção do processo de fotossíntese (SILVA et al., 2010). Devido a arquitetura da copa gerar diferentes condições luminosas é possível encontrar folhas de sol e sombra na mesma árvore (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2007).

Diversos estudos têm sido realizados buscando relacionar características morfoanatômicas das folhas e a intensidade luminosa do ambiente ao qual ela está exposta (DIAS-PEREIRA et al., 2013; GUERRA et al., 2015). No geral, folhas de sol possuem menor área foliar, folhas mais grossas devido a maior espessura do parênquima paliçádico e maior quantidade de tecido não-fotossintético, maior espessura de cutícula e estômatos menores (ESPÍNDOLA-JÚNIOR et al., 2009; SABBI; ÂNGELO; BOEGER, 2010); maior peso específico e mais cloroplastos quando comparadas às folhas de sombra (LAMBERS; CHAPIN; PONS, 2008). As folhas de sombra possuem mais clorofila por centro de reação e maior teor de clorofila *b*, por este ser mais eficaz na interceptação de diferentes comprimentos de onda,

assim como folhas de sol possuem mais clorofila *a*, de degradação mais rápida para evitar a fotoinibição (TAIZ; ZIEGER, 2013)

A canjerana (*Cabralea canjerana* (Vell.) Mart, é uma das espécies mais importantes presentes na Floresta Estacional Decidual, tanto pela sua importância ecológica (MARENZI, 2004) e por sua madeira valiosa, considerada de alta qualidade e durabilidade (LORENZI, 2008). Embora considerada por muitos autores como uma espécie secundária tardia (DURIGAN; NOGUEIRA, 1990; VACCARO; LONGHI; BRENA, 1999; ZIMMERMANN, 2014), é também classificada como pioneira (SOUSA-SILVA et al., 1999) e clímax tolerante à sombra (RONDON NETO et al., 1999).

Diante disso, este trabalho foi realizado com o objetivo verificar a plasticidade da canjerana e sua capacidade de adaptação a diferentes ambientes luminosos por meio da análise das características foliares de plantas crescendo sob dossel e a pleno sol.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado em um fragmento de Floresta Estacional Decidual secundário, localizado no município de Silveira Martins, RS. O clima da região é do tipo Cfa, subtropical úmido, com ocorrência de verões quentes e precipitação anual média de 1700 mm. Contudo, pode ocorrer déficit hídrico, principalmente nos meses mais quentes do ano (ALVARES et al., 2013). Os solos são do tipo Neossolos Litólicos típicos, pouco profundos e com afloramentos rochosos visíveis (EMBRAPA, 2006).

Foram selecionadas aleatoriamente 12 árvores de canjerana, sendo seis crescendo sob dossel (SD) e seis em uma área onde há três anos foi realizado o tratamento de liberação, por meio do corte de árvores competidoras diferentes à espécie. Por se tratar de uma vegetação em estágio de sucessão secundária, as árvores possuíam média de 4,4 metros de altura total e 5,8 cm de diâmetro a 10 cm do solo.

Embora as árvores localizadas na área onde ocorreu liberação tenham sido consideradas a pleno sol (PS), pelo fato da canjerana possuir dispersão agrupada (ZIMMERMANN et al., 2014) algumas permaneceram sombreadas por árvores vizinhas da mesma espécie. Desta forma, as árvores foram classificadas de acordo com a sua posição sociológica no dossel da floresta e dos grupos de árvores da mesma espécie em emergentes (E) e dominadas (D). Foram consideradas como emergentes aquelas que conseguiram alcançar o dossel da vegetação na área sem liberação ou se sobressaíram nos grupos formados somente pela espécie.

Além da condição de luz (CL) e da posição sociológica (PoS), considerou-se também a posição dos folíolos na copa. Para isto, a copa foi dividida em três estratos, e os folíolos foram classificados em apicais (A), intermediários (I) e basais (B), de acordo com a sua posição na copa. A classificação foi feita visualmente a campo, através da coloração, espessura, pilosidade e presença/ausência de líquens.

Para análise da largura, comprimento, e espessura, foram coletados aleatoriamente quinze folíolos de cada posição da copa. O comprimento e a largura foram mensurados com régua graduada em milímetros, sendo que o comprimento foi definido como a distância entre o ponto de inserção do peciólulo no limbo e o ápice da folha, e a largura como um eixo perpendicular ao eixo do comprimento.

A espessura do folíolo foi medida com micrômetro de precisão de 0,01 mm. A análise da área foliar foi realizada no programa computacional WinRhizo®, acoplado a um Scanner. Foi utilizada uma amostra de 20 gramas de folíolos frescos por posição da copa, e posteriormente o valor foi extrapolado para o peso fresco total de folíolos por meio de regra de três.

No Laboratório de Manejo Florestal da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), foi contado o número total de folhas por árvore e os folíolos foram separados do pecíolo e pesados ainda úmidos em balança de precisão. Uma amostra de 20 gramas de folíolos foi separada e seca em estufa a 60°C até peso constante, para determinação da massa seca dos folíolos. A massa seca total dois folíolos por árvore foi determinada por extrapolação por meio de regra de três.

Os teores de clorofila *a*, clorofila *b* e carotenoides foram determinados por meio de uma amostra de dois folíolos por posição de copa. Estes foram acondicionados imediatamente em papel alumínio e mantidos em nitrogênio líquido e no Laboratório de Fisiologia Vegetal da UFSM as amostras foram acondicionadas em ultra freezer (-80°C) a fim de evitar a degradação dos pigmentos.

Os folíolos foram macerados em nitrogênio líquido e o teor de clorofilas e carotenoides foi determinado a partir de amostras frescas de 0,05 gramas, as quais foram incubadas a 65°C com dimetilsulfóxido (DMSO). Após a remoção completa dos pigmentos pelo método de Hiscox e Israelstam (1979), utilizou-se a equação de Lichtenthaler (1987) para estimação dos conteúdos. As absorvâncias das soluções foram medidas em espectrofotômetro Clem E-205D a 663 e 645 nm para clorofilas *a* e *b*, respectivamente, e 470 nm para carotenoides.

Os folíolos foram analisados de acordo com a sua condição de luz, posição sociológica e posição na copa. Os dados foram submetidos à análise de normalidade dos resíduos e

heterogeneidade de variância, pelos testes de Shapiro-Wilk e Batlett, respectivamente, e quando não atenderam aos pressupostos foram transformados por Box-Cox. Para comparação de médias entre as condições de luz e posição sociológica foi utilizado o teste “t” e para posição na copa foi utilizado o teste de Tukey. As análises foram realizadas no programa estatístico SISVAR a 5% de probabilidade de erro.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No geral, as árvores não apresentaram altos coeficientes de variação para os valores mensurados. Entretanto, pode-se observar uma grande variação no número de folhas (59,7%) e conseqüentemente na massa seca total (53,1%) e área foliar (47,4%), uma vez que estas variáveis são dependentes entre si (Tabela 1).

Tabela 1 – Valores observados e estatística descritiva das características morfológicas e fisiológicas dos folíolos de árvores jovens de *Cabralea canjerana* em diferentes condições de luz, posições sociológicas e posições na copa

CL	PoS	PC	NF	L	C	E	AF	MST	Clor. a	Clor. b	Car.
PS	D	A	9	3,8	11,8	25,6	4505,4	121,8	1,2	0,4	1,1
PS	D	I	20	3,9	16,6	24,4	13070,7	279,9	1,2	0,5	0,9
PS	D	B	26	4,1	16,7	25,3	12705,2	249,4	1,2	0,5	1,2
PS	D	A	12	4,1	14,1	24,6	4803,0	174,6	1,4	0,7	0,9
PS	D	I	22	4,2	16,5	25,7	15978,6	174,4	1,4	0,6	1,0
PS	D	B	24	4,5	17,6	21,1	15644,5	156,9	1,3	0,5	1,2
PS	D	I	12	4,8	19,6	24,2	11207,9	40,3	1,5	0,7	1,1
PS	D	B	17	6,0	21,1	24,3	19250,1	114,7	1,3	0,5	1,2
PS	E	A	74	3,5	9,1	30,3	13390,6	109,6	1,6	0,8	1,2
PS	E	I	49	4,1	14,3	23,4	14928,5	25,3	1,4	0,6	1,3
PS	E	B	16	3,6	15,3	23,5	5536,2	32,9	1,5	0,6	1,5
PS	E	A	52	3,5	15,0	28,4	14363,8	102,9	1,0	0,4	0,8
PS	E	I	35	4,3	14,4	27,1	24199,2	127,1	1,4	0,6	1,3
PS	E	B	30	4,1	15,5	27,5	23567,6	106,9	1,5	0,6	1,3
PS	E	A	33	3,2	14,5	29,3	18020,9	159,7	1,6	0,8	1,5
PS	E	I	33	3,9	17,4	29,3	16486,5	128,0	1,1	0,4	1,2
PS	E	B	38	4,0	16,8	25,0	18342,8	162,1	1,3	0,5	1,3
PS	D	A	14	4,3	22,5	24,9	11017,0	48,6	1,7	1,0	1,6
SD	D	A	23	3,8	18,6	16,3	9900,2	127,0	1,4	0,6	1,2
SD	D	I	15	4,7	19,8	13,3	10180,3	72,9	1,7	1,0	1,6
SD	D	B	17	5,7	22,8	13,5	16645,9	94,2	1,4	0,7	1,4
SD	D	A	8	4,3	19,5	16,7	5382,9	48,7	1,3	0,5	1,2

SD	D	I	9	4,8	23,0	16,3	10413,0	233,8	1,7	0,9	1,6	
SD	D	B	20	5,4	21,7	15,6	16055,4	110,3	1,2	0,5	1,3	
SD	D	A	27	4,1	17,9	18,2	16094,0	77,6	1,4	0,6	1,2	
SD	D	I	21	4,8	20,8	17,1	17528,4	71,5	1,7	1,0	1,6	
SD	D	B	20	4,6	18,2	18,6	4994,0	113,8	1,7	1,0	1,6	
SD	E	A	51	3,9	16,3	18,3	20538,9	113,9	1,3	0,4	1,1	
SD	E	I	16	4,1	17,7	17,4	13530,0	117,9	1,3	0,6	1,2	
SD	E	B	21	4,4	17,3	18,5	14005,6	42,2	1,6	0,8	1,2	
SD	E	A	22	3,0	15,0	16,8	5273,4	47,4	1,2	0,5	1,1	
SD	E	I	53	3,6	15,6	15,4	29577,0	89,9	0,9	0,3	0,8	
SD	E	B	31	3,6	19,1	15,5	15306,5	130,0	1,6	0,8	1,2	
SD	E	A	74	3,3	14,8	18,1	30522,8	224,4	0,7	0,2	0,7	
SD	E	I	55	4,3	17,4	18,6	32992,1	252,4	1,5	0,7	1,4	
SD	E	B	41	3,7	17,7	18,1	26270,3	199,6	1,6	0,8	1,6	
		Média		28,9	4,2	17,3	21,3	15339,7	124,5	1,4	0,6	1,2
		CV%		59,7	15,6	17,5	23,4	47,4	53,1	17,1	31,7	19,2

Em que: CL: condição de luz; PSo: Posição sociológica; PC: Posição na copa; E: Emergentes; D: Dominadas; PS: Pleno sol; SD: Sob dossel; A: Folíolos apicais; I: Folíolos intermediários; B: Folíolos basais; NF: Número de folhas; L: Largura do folíolo (cm); C: Comprimento do folíolo (cm); AF: Área foliar (cm<sup>2</sup>); E: Espessura do folíolo (mm); MS: Massa seca total dos folíolos (g), Clor. *a*: Teor de clorofila a; Clor. *b*: Teor de clorofila b; Car.: Teor de carotenoides; CV%: Coeficiente de variação em percentagem

Os folíolos de árvores a pleno sol, emergentes e da posição apical da copa foram considerados como sendo os que mais recebiam luminosidade. A condição de luz influenciou as variáveis comprimento e espessura do folíolo, enquanto a posição sociológica influenciou as variáveis número total de folhas, largura, comprimento, espessura e peso fresco dos folíolos e área foliar. A largura e comprimento dos folíolos também foram influenciados pela sua posição na copa (Tabela 2).

Nota-se que árvores emergentes investem mais na produção de folhas do que as dominadas. Esse resultado pode ter relação direta com a produção e uso de fotoassimilados. Esta parece ser uma estratégia da espécie para manter sua taxa de crescimento em condições de maior luminosidade. Conforme Sabbi, Ângelo e Boeger (2010), folhas mais expostas à luz tendem a apresentar características xeromórficas, como a redução da área foliar e, para compensar a redução na taxa de fotossintetizantes, algumas espécies podem vir a apresentar maior número de folhas (FAHN; CUTLER, 1992). A semelhança do número de folhas nas posições da copa demonstra que a taxa de brotação e queda das folhas mantém-se constante, e vem contradizer autores que classificam a espécie como caducifólia ou decídua (LORENZI, 2008), corroborando Reitz, Klein e Reis (1983) que a classifica como perenifólia no RS.

Tabela 2 – Médias das características morfológicas e fisiológicas dos folíolos de *Cabralea canjerana*, sob diferentes condições de luz, posição sociológica e posição na copa

Fator	Trat	NTF	L	C	E	AF	MST	Clor. a	Clor. b	Car.
CL	PS	*86,0a	4,1a	16,0b	25,8a	*42836,4a	*128,6a	1,36a	0,59a	1,20a
	SD	*87,0a	4,2a	18,5a	16,8b	*49201,8a	*120,4a	1,40a	0,67a	1,27a
PoS	E	*127,0a	3,8a	15,7b	23,1a	*57755,7a	*154,9a	1,34a	1,58a	1,21a
	D	*58,0b	4,6b	18,8a	20,0a	*37635,8b	*81,9b	1,43a	1,67a	1,26a
PC	A	33,0a	3,7b	15,8a	22,3b	12817,7a	104,7a	1,32a	0,58a	1,13a
	I	28,0a	4,3a	17,8b	21,0a	17507,7a	142,4a	1,40a	0,66a	1,25a
	B	25,0a	4,5a	18,3b	20,5a	15693,7a	126,4a	1,43a	0,65a	1,33a

Em que: CL: condição de luz; PSo: Posição sociológica; PC: Posição na copa; Trat: Tratamento; PS: Pleno sol; SD: Sob dossel; E: Emergentes; D: Dominadas; A: Folíolos apicais; I: Folíolos intermediários; B: Folíolos basais; NTF: Número de folhas; L: Largura do folíolo (cm); C: Comprimento do folíolo (cm); E: Espessura do folíolo (mm); AF: Área foliar (cm<sup>2</sup>); MST: Massa seca total dos folíolos (g). Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade de erro pelo teste T (CL e PoS) ou de Tukey (PC); \*: Valor total referente à soma dos valores das três posições da copa.

Os valores encontrados para a largura do folíolo estão de acordo com Carvalho (2002), que descreveu que os folíolos da canjerana variam entre 3 a 5 cm de largura. Pinheiro et al. (1989) analisando mudas da espécie encontraram folíolos com largura entre 1 a 5 cm, demonstrando que o limite superior desta variável se mantém constante com a idade da planta.

Médias semelhantes na largura das folhas de árvores crescendo a pleno sol e sob dossel também foram observadas por Guerra et al. (2015) e Voltolini e Santos (2011) em seus trabalhos com *Handroanthus chrysotrichus* e *Aechmea lindelli*, respectivamente. Como encontrado aqui, os autores também encontraram influência dos ambientes de luz somente no comprimento do folíolo, demonstrando que a plasticidade apresentada por algumas espécies se dá a partir da variação do comprimento e não da largura do folíolo.

Árvores emergentes possuem folíolos mais estreitos que árvores dominadas, assim como folíolos apicais também em relação aos folíolos da porção intermediária da copa, pela necessidade de diminuição da sua área foliar devido a maior exposição da copa à luz. Esse pode ser um dos mecanismos de fotoproteção necessários para evitar fotoinibição em condições de alta luminosidade. Pires et al. (2015), ao dividirem a copa de *Schinus molle* em três estratos, verificaram que as folhas posicionadas no estrato mais alto da copa são mais finas em relação às folhas das demais posições e também relacionam estes resultados como estratégia para diminuir a taxa de transpiração.

Folíolos de árvores a pleno sol são cerca de 2,4 cm mais curtos que folíolos de árvores sob dossel, assim como árvores emergentes possuem folíolos menores que árvores dominadas, o mesmo verificado para a porção apical da copa. A redução dos folíolos pode ser interpretada

como uma estratégia adaptativa da espécie a maior luminosidade, pois nesse ambiente, as espécies tendem a reduzir suas folhas, a fim de evitar o superaquecimento, diminuir a taxa de transpiração (KLICH, 2000) e proteger os tecidos fotossintéticos do excesso de radiação (ROTH, 1984).

Árvores de *C. canjerana* a pleno sol possuem cerca de 15% menos área foliar que as árvores sob dossel. Esta redução era esperada para árvores emergentes, contudo não foi verificada devido às árvores desta posição apresentarem maior número total de folhas. A redução da área foliar em árvores expostas a maior radiação solar é vista como estratégia para evitar danos ao aparato fotossintético e fotoinibição devido ao excesso de luz. Por outro lado, o aumento da área foliar em plantas sombreadas é visto como uma maneira da planta compensar a menor quantidade de luz recebida, maximizando a absorção e utilização da luz em processos fisiológicos de crescimento e aumentando a área de captação dos raios luminosos (ESPINDOLA-JÚNIOR, 2006). Resultados semelhantes foram encontrados nos estudos de Espindola-Júnior et al. (2009) e Sabbi, Ângelo e Boeger (2010).

Em estudo com *Psidium cattleianum* em três posições da copa, Silva (2002) encontrou maior área foliar na porção basal da copa. Como folíolos basais de *C. canjerana* são mais compridos e largos que os demais, os mesmos resultados seriam esperados para *C. canjerana*, mas não foi o observado, pela diminuição do número de folíolos nesta posição.

Os folíolos de árvores a pleno sol de *C. canjerana* apresentaram uma espessura do limbo cerca de 53% maior em relação à espessura dos folíolos de sombra. Folíolos mais espessos também foram encontrados nas árvores emergentes e na posição apical da copa. A maior espessura do limbo pode fornecer uma melhor penetração da luz para os cloroplastos (DUAN et al., 2005).

De acordo com Raven, Evert e Eichhorn (2007), Larcher, (2004) e Yano e Terashima (2004), a maior espessura das folhas de sol se dá pelo fato de que a luz estimula o desenvolvimento do parênquima paliçádico. O espessamento do parênquima paliçádico apresenta ainda vantagens como a maior absorção de CO<sub>2</sub> e diminuição do aquecimento foliar, facilitando o resfriamento e mantendo a temperatura interna da folha propícia aos processos fisiológicos (TERASHIMA et al., 2006; TAIZ; ZIEGER, 2013).

Além disso, o alongamento das células do parênquima paliçádico e esponjoso é visto como estratégia das plantas para diminuir a quantidade e vigor da luz que chega até o parênquima clorofilado. A intensidade luminosa diminui à medida que atravessa a folha pois é refletida pelas paredes celulares e pelos espaços intercelulares (DELUCIA et al., 1996). Assim, enquanto folhas de sol possuem maior espessura de parênquima paliçádico; devido à baixa

quantidade de luz que recebem, as folhas de sombra possuem apenas uma camada deste, a fim de permitir que uma maior quantidade de luz alcance o parênquima clorofiliano (LAMBERS; CHAPIN; PONS, 2008).

Os folíolos apicais, por estarem na parte mais superior da copa apresentam características xeromórficas semelhantes às folhas de sol, pois há maior interceptação de radiação solar nesta porção da copa do que nas demais (LARCHER, 2004). Da mesma forma, Pires et al. (2015), analisando as características anatômicas de folíolos de *S. molle* encontraram maior espessura do mesofilo nas folhas posicionadas nas partes mais altas das copas.

A massa seca total dos folíolos foi semelhante para as condições de luz e posição dos folíolos na copa, evidenciando que independentemente do nível de luminosidade que as copas estão expostas, as árvores estão acumulando fitomassa na parte aérea em razões semelhantes. Contudo, houve diferença para esta variável em relação à posição sociológica das plantas, o que já era esperado, uma vez que a área foliar de árvores emergente e dominadas também mostrou diferenças significativas.

De acordo com Taiz e Zieger (2013), a determinação da massa seca da parte aérea ou de suas partes pode ser utilizada para análise do crescimento. Isto porque o crescimento das plantas depende do acumulado de fitomassa proveniente do processo fotossintético. Assim, o teor de massa seca está diretamente relacionado com a eficiência do processo fotossintético (LARCHER, 2004).

Conforme Benincasa (2003), em torno de 90% da matéria orgânica acumulada pela planta resulta da sua capacidade fotossintética e a produção de biomassa depende da quantidade de radiação interceptada pelas folhas e da eficiência com que a planta converte esta energia em fotoassimilados. Desta forma, pode-se dizer que as modificações nos folíolos parecem estarem sendo efetivas na manutenção da taxa produtiva da espécie nas diferentes condições luminosas. Estes resultados demonstram que as plantas de *C. canjerana* analisadas foram capazes de ajustar seu aparelho fotossintetizante às diversas condições de luminosidade, uma vez que estão acumulando massa seca na mesma proporção.

Mesmo sem diferença estatística, pode-se observar que árvores a pleno sol apresentaram menor valor da clorofila *a* em relação às sob dossel, assim como as emergentes em relação às dominadas e os folíolos da região apical em relação às demais posições da copa. Estes resultados demonstram que a exposição dos folíolos da espécie a maior luminosidade diminui o teor deste pigmento.

O mesmo foi verificado para a clorofila *b*, onde folíolos de árvores sob dossel, dominados e das regiões mais baixas da copa, considerados mais sombreados em relação às

demais condições, apresentaram maiores valores do pigmento. Maiores teores de clorofila *b* são esperados em ambientes sombreados, uma vez que esta auxilia na absorção de luz, captando outros comprimentos de onda diferentes da clorofila *a* e transferindo-os para os centros de reação (TAIZ; ZIEGER, 2013). Isso contribui para a aclimação de *C. canjerana* à menor disponibilidade de luz, visto que a clorofila *b* é o principal componente da proteína LHC (KOIKE et al., 2001) a qual age como um complexo antena na transferência de energia para o centro de reação do fotossistema II (LAM et al., 1984). Baixo conteúdo de clorofila *b* em folhas a pleno sol facilita a fotoproteção do centro de reação do fotossistema II por reduzir a absorção de luz (WALTERS, 2005; FENG, 2008).

Os teores de carotenoides foram superiores nos folíolos de árvores sob dossel, dominadas e na porção basal da copa. Os carotenoides são um grupo de pigmentos acessórios capazes de desempenhar diversas funções no processo de fotossíntese. Eles são responsáveis por auxiliar na captação de luz de diferentes comprimentos de onda e de transferi-la para a clorofila *a*, responsável pela realização da fase fotoquímica (TAIZ; ZIEGER, 2013). Contudo, seu principal papel é de ação fotoprotetora do aparato fotoquímico (KERBAUY, 2004), prevenindo-os de danos foto-oxidativos (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2007). Esperava-se, portanto, que os folíolos sob maiores condições de luminosidade apresentassem maiores teores deste pigmento, o que não foi verificado, demonstrando que mesmo sendo considerada espécie tolerante, a exposição das plantas a pleno sol não produziu efeitos suficientes para causar estresse oxidativo às mesmas (MUNNS; TESTER, 2008) e evidenciando a adaptação do aparato fotossintético da espécie às diversas condições de luz analisadas.

## CONCLUSÃO

Os folíolos de *C. canjerana* apresentam plasticidade morfológica e fisiológica quando expostos a diferentes ambientes luminosos. Folíolos de árvores a pleno sol, emergentes e da posição superior da copa, considerados sob maior luminosidade, apresentaram características xeromórficas, como redução no tamanho do folíolo, menor área foliar, maior espessura e menor teor de clorofila *b*.

A semelhança nos valores encontrados para os pigmentos demonstra que as variações morfológicas das folhas de canjerana foram capazes de manter o aparato fotossintético para que os processos fisiológicos da planta não sejam prejudicados, independente da condição de luz a que a árvore está submetida.

A plasticidade morfológica e fisiológica verificada nestes resultados é de fundamental importância à silvicultura da espécie pois demonstra sua plasticidade e possibilidade de cultivo sob diferentes intensidades de luz.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711–728, 2013.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 42 p.

CARVALHO, P. E. R. **Circular técnica nº 67**. 2002. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Colombo, PR. Acesso 06 de dezembro de 2016. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/307847/1/CT0067.pdf>

DELUCIA, E. H. et al. Contribution of intercellular reflectance to photosynthesis in shade leaves. **Plant, Cell and Environment**, n.19, p.159-170, 1996.

DIAS-PEREIRA, J. et al. Avaliações Morfológicas e Micromorfométricas de Folhas de Sol e de Sombra de *Lithraea molleoides* (Vell.) Engl. (Anacardiaceae). **Evolução e Conservação da Biodiversidade**, Rio Paranaíba, v.4, n.1, p.22-31, 2013.

DUAN, B.; LÜ, Y.; YIN, C.; LI, C. Morphological and physiological plasticity of woody plant in response to high light and low light. **Chin. J. Appl. Environ. Biol.**, v.11, p. 238-245, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

ESPINDOLA JUNIOR, A. **Morfologia e anatomia foliar de duas espécies medicinais (*Mikania glomerata* Spreng. – Asteraceae e *Bauhinia forficata* Link. - Leguminosae) associadas à erva mate, sob diferentes condições de luminosidade**. 82f. Dissertação (Mestrado em Botânica), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

ESPINDOLA JUNIOR, A. et al. Variação na estrutura foliar de *Mikania glomerata* Spreng. (Asteraceae) sob diferentes condições de luminosidade. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 32, p.749-758, 2009.

FAHN, A.; CUTLER, D. F. **Xerophytes**. Berlin: Gebüder Borntraeger, 1992.

GUERRA, A. et al. Morfoanatomia de folhas de sol e sombra de *Handroanthus chrysotrichus* (MART. EX. DC.) Mattos (Bignoniaceae). **SaBios: Revista da Saúde e Biologia**, v.10, n.1, p. 59-71, 2015.

GRATANI, L., COVONE, F.; LARCHER, W. Leaf plasticity in response to light of three evergreen species of the Mediterranean maquis. **Trees**, v.20, p.549-558, 2006.

HISCOX, J. D.; ISRAELSTAM, G. F. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. **Canadian Journal of Botany**, v.57, p.1332-1334, 1979.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004, 452p.

KLICH, M. G. Leaf variations in *Elaeagnus angustifolia* related to environmental heterogeneity. **Environmental and Experimental Botany**, n.44, p.171-183, 2000.

KOIKE, T.; KITAO, M.; MARUYAMA, Y. et al. Leaf morphology and photosynthetic adjustments among deciduous broad-leaved trees within the vertical canopy profile. **Tree Physiology**, v.21, p.951-958, 2001.

LAM, E.; ORITZ, W.; MAYFIELD, S.; MALKIN, R. Isolation and characterization of a light-harvesting chlorophyll a/b protein complex associated with photosystem I. **Plant Physiology**, v.74, p. 650-655, 1984.

LAMBERS, H.; CHAPIM F. S.; PONS, T. L. **Plant physiological ecology**. 2 ed. Berlin: Springer, 2008.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa. 531p, 2004.

LICHTENTHALER, H. K. **Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes**. In: PACKER, L.; DOUCE, R. (Eds.). *Methods in enzymology*. London: Academic Press, p.350-381, 1987.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**, 5.ed. São Paulo: Nova Odessa, v.1, 2008. 384p.

MARKESTEIJN, L.; POORTER, L.; BONGERS, F. Light-dependent leaf trait variation in 43 tropical dry forest tree species. **American Journal of Botany**, n.94, p.515-525, 2007.

MENEZES, N. L. et al. **Anatomia Vegetal**. 2 ed. Viçosa: Ed. UFV, 2009.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**. Palo Alto, v.59, p.651-681, 2008.

PINHEIRO, A. L. et al. Dendrological studies aimed at natural regeneration of Meliaceae in the microregion of Viçosa. I. Identification and Description of the ten species. **Revista Árvore**, n.13, p.1-66, 1989.

PIRES, M. F. et al. Micromorfometria foliar de *Schinus molle* L. (Anarcadiaceae) em diferentes alturas na copa. **Cerne**, n.1, 2015.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 7.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007. 728p.

REGO, G. M.; POSSAMAI, E. Efeito do Sombreamento sobre o Teor de Clorofila e Crescimento Inicial do Jequitibá-rosa. **Boletim de Pesquisa Florestal**, v.53, p.179-194, 2006.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul**. Sellowia, Itajaí, n.34/35, p.1-525, 1983.

ROTH, I. Stratification of Tropical Forests as Seen in Leaf structures – Dr. W. Junk Publishers, The Hague, 1984, 522 pp.

SABBI, L. B. C.; ÂNGELO, A. C.; BOEGER, M. R. Influência da luminosidade nos aspectos morfoanatômicos e fisiológicos de folhas de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) implantadas em duas áreas com diferentes graus de sucessão, nas margens do Reservatório Iraí, Paraná, Brasil. **Iheringia**, Série Botânica, Porto Alegre, v.65, n.2, p.171-181, 2010.

SILVA, L. D. S. A. B. **Anatomia foliar e taxa de herbivoria em *Psidium cattleyanum* Sab. (Myrtaceae)**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, 2002.

SILVA, E. N. et al. Comparative effects of salinity and water stress on photosynthesis, water relations and growth of *Jatropha curcas* plants. **Journal of Arid Environments**, Chubut, v.74, n.10, p.1130-1137, 2010.

SOUZA, G. M. et al. Estratégias de utilização de luz e estabilidade do desenvolvimento de plântulas de *Cordia superba* Cham. (Boraginaceae) crescidas em diferentes ambientes luminosos. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v.23, n.2, p.474-485, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TERASHIMA, I. et al. Irradiance and phenotype: comparative eco-development of sun and shade leaves in relation to photosynthetic CO<sub>2</sub> diffusion. **Journal of Experimental Botany**, Eynshan, v.57, p.343–354, 2006.

VALLADARES, F. et al. Shade tolerance, photoinhibition sensitivity and phenotypic plasticity of *Ilex aquifolium* in continental Mediterranean sites. **Tree Physiology**, v.25, p.1041-1052, 2005.

VOLTOLINI, C. H.; SANTOS, M. Variações na morfoanatomia foliar de *Aechmea lindenii* (E. Morren) Baker var. *lindenii* (Bromeliaceae) sob distintas 70 condições ambientais. **Acta Botânica Brasílica**, v.25, p.2-10, 2011.

ZIMMERMANN, A. P. L.; LIRA, D. F. S.; FLEIG, F. D. Estrutura e distribuição espacial da regeneração natural de canjerana em Floresta Estacional Decidual. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.34, n.80, p.369-373, 2014.

YANO, S.; TERASHIMA, I. Developmental process of sun and shade leaves in *Chenopodium album* L. **Plant, Cell and Environment**, n.27, p.781-793, 2004.

## **6. DISCUSSÃO - Considerações silviculturais sobre os efeitos da aplicação da liberação em uma população de *C. canjerana* em fase de regeneração natural em fragmento de Floresta Estacional Decidual secundário**

Os tratamentos de liberação aplicados em florestas com o intuito de promover o crescimento de árvores de interesse, geralmente baseiam-se no corte pontual de árvores competidoras. Estes cortes podem ser através da supressão total da árvore competidora ou pela eliminação dos galhos que estão sombreando e/ou tocando a copa da árvore objetivo. Trabalhos como os de Venturoli et al. (2010), Venturoli et al. (2012) e Taffarel et al. (2014) utilizam técnicas como anelamento, desbastes seletivos de competidoras, corte de competidoras a um raio “x” da árvore de interesse, corte de cipós e/ou a combinação destas.

A liberação de árvores através do corte raso das espécies diferentes a de interesse, como foi aplicada neste estudo, não é uma técnica silvicultural comum encontrada na literatura. Isto porque ela torna-se mais onerosa quando aplicada em grandes extensões de área e elimina árvores que poderiam se tornarem comerciais no futuro.

Contudo, optou-se por utilizar o corte raso por se tratar de uma área pequena, onde os competidores possuíam dimensões reduzidas que permitiram sua eliminação com ferramentas comuns como motosserra, facão e serrote e pela necessidade de verificação da eficiência do tratamento em um período de tempo curto. Além disso, no caso de vegetações secundárias, com alta densidade de espécies pioneiras já em estado de senescência, o corte de árvores para a liberação de espécie de interesse pode ser visto como uma alternativa de produção de lenha ao pequeno produtor.

De acordo com os resultados de incremento periódico em altura e diâmetro encontrados neste estudo, pode-se concluir que a liberação não promoveu o crescimento das árvores de canjerana liberadas no período de tempo analisado. Entretanto, a análise dos incrementos de acordo com a altura inicial de plantas, permite concluir que a liberação possui efeitos positivos quando aplicada em árvores de canjerana com alturas menores (Tabela 1).

Este é um resultado importante, uma vez que a canjerana, por ser uma espécie do grupo das secundárias tardias, necessita de um estímulo luminoso para se desenvolver e alcançar o dossel da floresta. Contudo, estes estímulos podem demorar anos para ocorrer de forma natural e desta forma as plantas desta espécie permanecem por anos no estágio de “stand by”, apenas produzindo biomassa para se manterem vivas. Desta forma, a liberação pode ser uma técnica a ser indicada para ser realizada em plantas menores de canjerana e outras espécies do mesmo grupo ecológico como forma de estimular o crescimento na fase jovem.

Tabela 1 - Incremento periódico em altura e diâmetro de plantas liberadas e não liberadas de *C. canjerana*, de acordo com a sua altura inicial

Incremento periódico	Tratamento	de 30 a 100 cm de altura	de 101 a 200 cm de altura	Mais de 200 cm de altura
Diâmetro	L	286,2a	328,2a	409,7a
	NL	177,3b	359,3a	469,9a
Altura total	L	4,2a	4,6a	6,0a
	NL	2,7b	3,7b	4,9a

Em que: L: Liberadas; NL: Não liberadas. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade de erro pelo teste “t”

Aimi (2014) e Felippi (2010), ao analisarem o comportamento inicial de mudas de canjerana em diferentes sombreamentos, encontraram maior incremento em altura e diâmetro e sobrevivência nas mudas submetidas aos maiores níveis de sombreamento. Estes resultados estão de acordo com a classificação ecológica da espécie dada por Galvão (1986) e Ortega (1995), que consideram a espécie umbrófila em sua fase inicial, já que estas autoras trabalharam com mudas em torno de 10 cm de altura.

Os resultados aqui obtidos demonstram que o aumento da luminosidade não prejudicou o crescimento de plantas de canjerana com dimensões maiores que as analisadas por Aimi (2014) e Felippi (2010). Desta forma, pode-se sugerir que uma opção para aumentar a taxa de crescimento a campo de mudas de canjerana, seria a manutenção das plantas em viveiro até estas atingirem pelo menos 30 cm de altura.

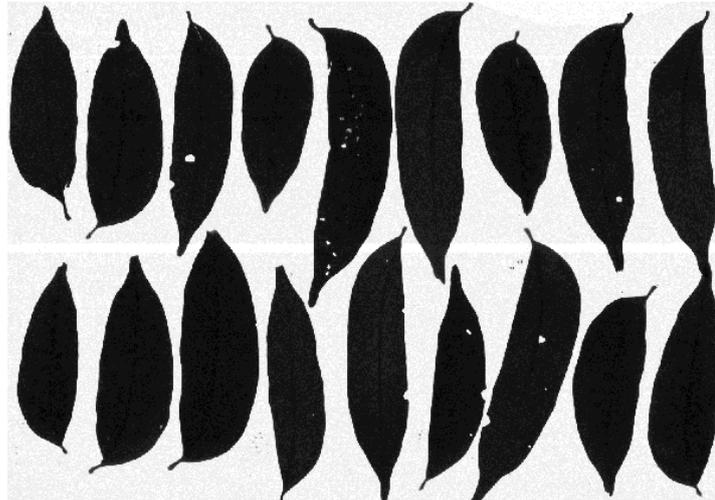
O comportamento apresentado pelas plantas na área está de acordo com Schussler (2006) que descreve *C. canjerana* como uma espécie que necessita de muita luz para seu desenvolvimento em sua fase jovem. Assim, a classificação da espécie como secundária tardia na área, realizada por Zimmermann (2014) através de suas observações é ratificada. Embora a canjerana germine sob as copas das árvores, as quais os pássaros usam como poleiros para sua dispersão, ela necessita de um estímulo luminoso para dar continuidade ao seu ciclo de vida.

A semelhança nas taxas de incremento em altura de plantas liberadas e não liberadas demonstra a plasticidade da espécie em tolerar ambientes com diferentes luminosidades. Schussler (2006), também não encontrou diferenças no crescimento em altura e diâmetro a altura do solo de plantas jovens de canjerana em diferentes percentuais de abertura do dossel.

Sousa-Silva et al. (1999) descrevem a canjerana como uma espécie de alta plasticidade, capaz de se desenvolver sob diferentes ambientes luminosos. Os fatores que contribuem para

esta plasticidade foram identificados neste estudo, principalmente em relação à morfologia dos folíolos, que apresentam variações inclusive na mesma árvore (Figura 1).

Figura 1 - Variações no formato dos folíolos de *Cabralea canjerana*



A capacidade de sobrevivência da espécie a diferentes ambientes luminosos na sua fase juvenil está relacionada a variações nos atributos foliares, como por exemplo maior área foliar em plantas mais sombreadas como forma de aumentar a captação de luz e maior espessura do limbo em plantas expostas a maior luminosidade, como estratégia para filtrar a quantidade de luz que é interceptada e propiciar a diminuição da temperatura interna da folha.

O tamanho ideal da folha é determinado pelo modo como a árvore maximiza sua eficiência no uso da água. Folhas pequenas utilizam melhor a água em locais onde há radiação e velocidade do vento maiores. Por outro lado, folhas maiores utilizam melhor a água onde há menor radiação e velocidade do vento (PARKHURST; LOUCKS, 1972).

Contudo, esta plasticidade apresentada pela canjerana parece ser expressada somente em plantas maiores já estabelecidas. Desta forma, fica evidenciado que embora a espécie seja capaz de se adaptar morfológica e fisiologicamente a diferentes condições de luz após atingir cerca de 30 cm, ela necessita de sombra para sua germinação.

Esta afirmação pode ser corroborada pelo fato de que não foi identificada nenhuma planta de recrutamento na área onde ocorreu liberação. Mesmo que não tenha sido realizado levantamento sobre a taxa de ingresso e mortalidade durante o período do experimento, através de observações pode-se verificar que houve pouco ingresso na área sem liberação, na área

liberada o aumento da luminosidade parece ter criado uma barreira para a germinação das sementes.

Outra explicação para a baixa observação de ingresso de plântulas na área seria a variação da produção de sementes das árvores matrizes localizadas próxima a área de estudo. Além disso, a semente da canjerana é altamente recalcitrante, com perda da viabilidade em pouco tempo e germinação extremamente rápida entre 6 e 8 dias (PIZO, 1997). Desta forma, a maior temperatura na área liberada parece ter impedido o ingresso de plântulas. Outro fato a ser considerado é que mesmo que as sementes tenham sido dispersas na área liberada, estas ficaram mais expostas à predação, uma vez que são altamente danificadas por roedores e insetos predadores (PIZO, 1995).

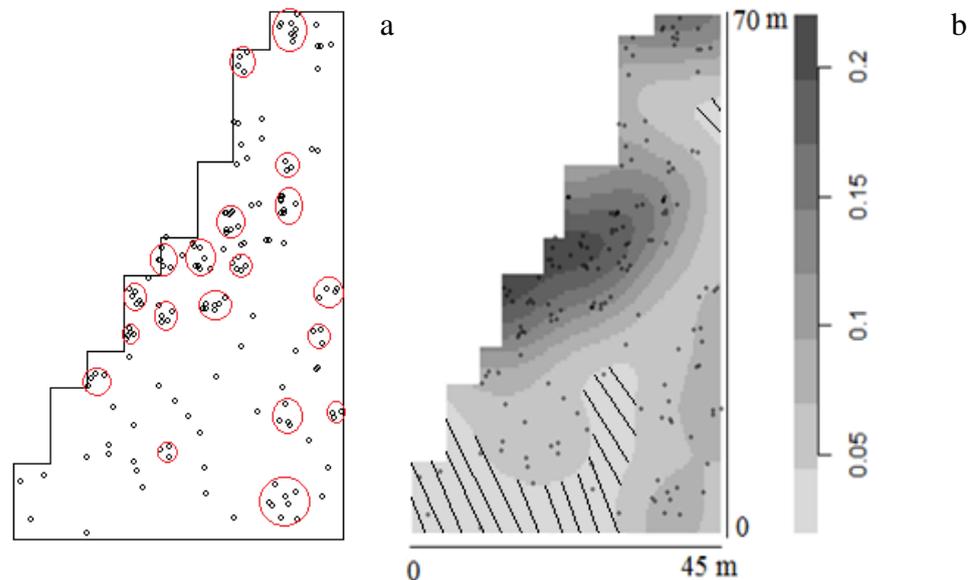
A dispersão da canjerana é feita na sua maioria por pássaros, que ao se alimentarem do arilo acabam deixando cair as sementes embaixo da copa das árvores que eles utilizam como poleiro para alimentação. Isto é que proporciona um padrão de distribuição espacial agregado das sementes, com formação de pequenos grupos de plantas após a germinação e estabelecimento (ZIMMERMANN; LIRA; FLEIG, 2014) (Figura 2a).

As diferentes condições pontuais dos poleiros promovem um gradiente de densidade nas áreas de ocorrência da regeneração natural de canjerana. Como pode ser observado na Figura 3b, na área de estudo a densidade da canjerana variou entre 0,05 a 0,2 indivíduos/hectare.

Considerando os valores do diâmetro a 10 cm do solo e do diâmetro da copa das árvores emergentes, o índice de saliência ( $dc/d$ ) calculado foi de 25. Isto significa que se o objetivo do manejo da regeneração natural são toras de canjerana de 20 cm de diâmetro, o espaço requerido para o desenvolvimento da copa seria de 5 metros.

Assim, seria necessária a redistribuição das plantas na área, com a dissolução dos grupos de plantas, mantendo-se uma árvore a cada 5 metros de distância da outra. Isto ajustaria e reduziria a densidade de plantas no local, que hoje é de 163 (846,8 ind./ha) para 77 (400 ind./ha). Assim, a redistribuição ideal das plantas na área de acordo com a densidade estimada de Kernel seria de 0,04 ind./m<sup>2</sup>, o que na Figura 2b é representado pela tonalidade mais clara hachurada na escada de cinza.

Figura 2 – Distribuição das plantas de *C. canjerana* na área de estudo, onde podem ser visualizados os grupos formados pela dispersão agrupada da espécie (a) e as diferentes densidades estimadas de Kernel (b)



Uma alternativa para as plantas excedentes seria o transplante para outras áreas onde há baixa ocorrência da espécie. Schröder e Fleig (2013), ao testarem o transplante de diferentes tamanhos de mudas de *C. canjerana*, verificaram sobrevivência superior a 80% em mudas com diâmetro do colo maior que dois centímetros. Os resultados encontrados por estes autores demonstram a possibilidade de utilização de mudas desta espécie como forma de diminuição de custos em projetos de restauração de áreas.

Entretanto, esta técnica deveria ter sido aplicada antes da liberação, quando as plantas possuíam dimensões menores, que permitissem sua retirada do solo através do arranque sem danificar suas raízes. De acordo com Turchetto et al. (2016), outro cuidado a ser tomado no transplante de mudas oriundas de regeneração natural é em relação a umidade do solo, sendo mais recomendado a ser realizado em dia chuvoso a fim de evitar ao máximo a desidratação das mudas.

Como já foi observado anteriormente no gráfico da densidade estimada de Kernel (Figura 3b), há um grande número de plantas agrupadas na área onde foi realizada a liberação. Pode-se notar também que embora existam plantas liberadas com diâmetros maiores, existem também árvores liberadas dominadas com pequenas dimensões. Desta forma, a aplicação de desbastes seletivos seria, atualmente, uma boa opção para diminuir ainda mais a competição nos grupos de canjerana, retirando plantas que possivelmente serão suprimidas no futuro e

favorecendo o crescimento das plantas emergentes. Devido ao pequeno tamanho do diâmetro do colo, existem ainda algumas plantas que poderiam ser transplantadas para outros locais como forma de enriquecimento da vegetação.

Contudo, a necessidade de aplicação de desbastes seletivos após a liberação aumenta ainda mais os custos do manejo florestal da área. Como já discutido anteriormente, após a apresentação dos resultados de incremento de plantas liberadas e não liberadas, embora a liberação tenha promovido maior crescimento em diâmetro das plantas submetidas a este tratamento, esta diferença foi pouca em relação às plantas não liberadas, que por sua vez alcançaram alturas maiores devido a permanência da competição lateral (LINKEVICIUS et al., 2014). Possivelmente este ganho não é recompensado quando levado em consideração os gastos com mão de obra e equipamentos para a realização do corte raso e das roçadas de manutenção que foram feitas ao longo do experimento para combater a mato competição.

Diante dos resultados encontrados sugere-se que a liberação é uma técnica a ser recomendada com precauções em populações de *C. canjerana* em fase de regeneração natural em florestas secundárias com histórico de sucessão semelhantes à área de estudo quando há interesse em ganho em incremento em diâmetro. Quando o objetivo é incremento em altura, recomenda-se, que as plantas maiores sejam mantidas sob competição, uma vez que estas serão capazes de alcançar o dossel através de suas próprias estratégias de alocação de recursos e apresentam maior proporção de fuste livre de galhos.

Entretanto, sugere-se que este ganho no incremento em diâmetro deva ser analisado economicamente, levando-se em consideração os custos envolvidos no corte raso e nas roçadas de manutenção que foram necessárias para manter as árvores liberadas sem competição de outras espécies. Além disso, o maior incremento em diâmetro nas árvores liberadas produziu somente madeira de alburno, não sendo constatada madeira de cerne visualmente em árvores liberadas e não liberadas, o que possivelmente diminua ainda mais a viabilidade de aplicação da técnica.

Além do pouco ganho em incremento, outro fato que leva a liberação a ser uma técnica recomendada com precaução em populações de regeneração natural de canjerana é a possível ocorrência da flambagem do fuste, como foi observado em algumas plantas liberadas. Entretanto, embora a flambagem represente um problema ao manejo florestal de algumas espécies, uma observação que vale a pena salientar é a capacidade de reitteração das árvores de canjerana que flambaram após a liberação.

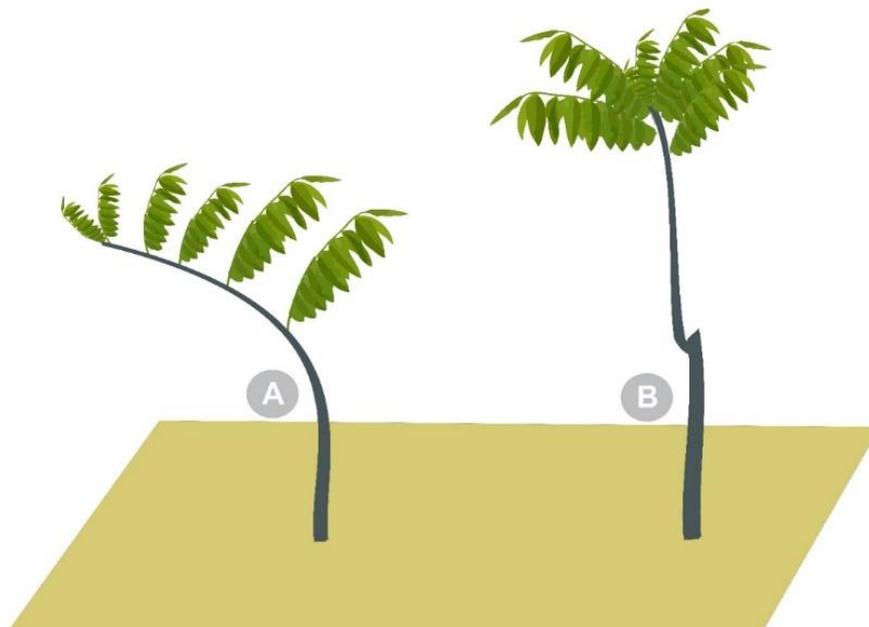
A reitteração é considerada por Hallé et al. (1978) como o processo de ajuste arquitetônico da copa após a árvores sofrer modificações em sua arquitetura da copa por danos

mecânicos, doenças ou estresse ambiental. No geral, as árvores reiteram após o ataque de pragas, lançando novamente um broto em substituição ao que foi danificado.

Esse fenômeno pode ser considerado uma adaptação das plantas após a ocorrência de distúrbios mecânicos na copa ou no caule. No caso da canjerana, a formação dos brotos verticais oriundos de gemas dormentes, foi uma resposta da planta ao arqueamento do tronco em direção ao solo. As cinco árvores de canjerana que flambaram apresentaram inúmeros brotos oriundos das gemas axilares dormentes (Figura 3a). Quando os brotos tinham em torno de 30 cm de altura realizou-se um corte logo após o ponto de inserção do primeiro broto no caule, com o intuito de que a planta não perdesse energia para a manutenção dos demais brotos.

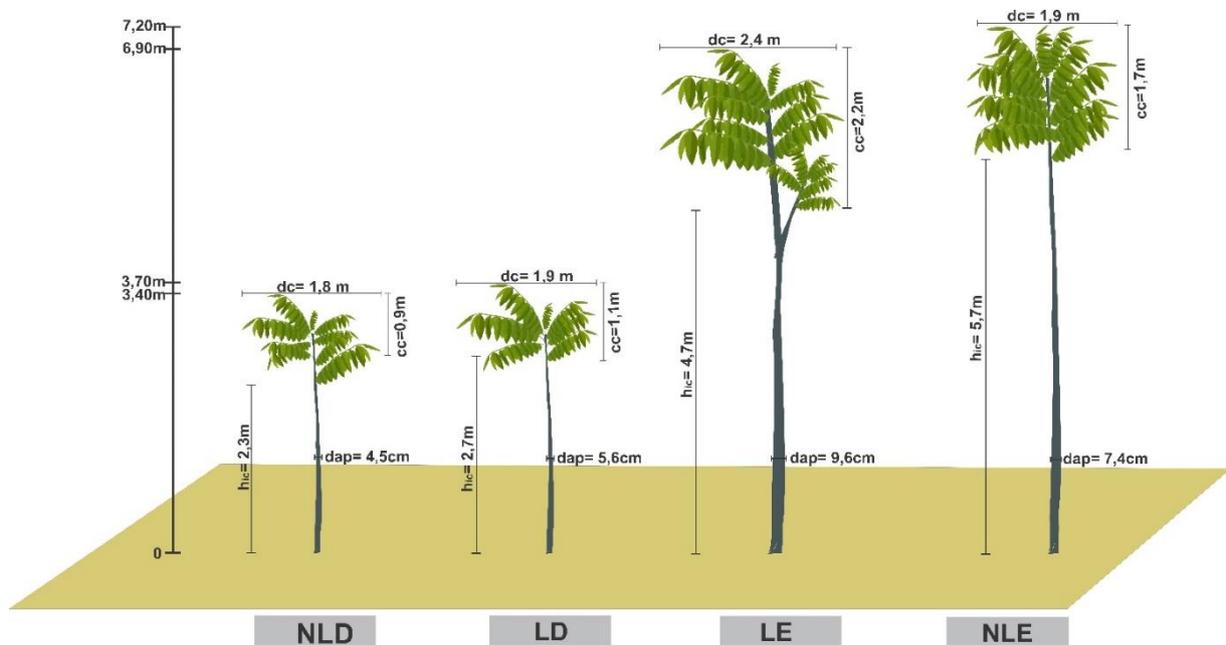
A partir da realização deste procedimento, moldou-se novamente a copa das árvores reiteradas (Figura 3b). Atualmente, estas possuem arquitetura de copa e dimensões semelhantes às demais árvores liberadas da população, demonstrando que embora a flambagem do fuste seja um problema que possa vir a ocorrer após a liberação de árvores jovens, tanto como técnica silvicultural, como naturalmente na floresta, a canjerana possui capacidade de adaptação aos estresses mecânicos. Além disso, a capacidade de reiteração da canjerana demonstra sua capacidade de rebrota, como já verificado por Meyer (2015) que constatou tocos de canjerana rebrotando já no primeiro ano após o corte.

Figura 3 – Árvore de *C. canjerana* que veio a flambar após a liberação (a) e sua capacidade de reiteração com crescimento normal após a poda de reiteração (b)



Outra adaptação apresentada pelas árvores de canjerana é em relação à arquitetura da copa. Árvores não liberadas apresentaram copas mais curtas e estreitas, influenciadas pela competição lateral (Figura 4). A manutenção da competição lateral propiciou ainda maior proporção de fuste sem galhos às árvores emergentes, o que no manejo florestal é desejado, pois significa menor gasto com tratamentos silviculturais. Além disso, provavelmente a madeira das árvores de canjerana mantidas sob competição possuem melhor qualidade do que as liberadas, já que a competição lateral dificulta a formação de galhos mais grossos e compridos, que resultarão em nós menores (SCHNEIDER, 2009).

Figura 4 – Dimensões finais do fuste e da copa de plantas jovens de *Cabralea canjerana* liberadas e não liberadas e nas posições sociológicas emergentes e dominadas



A desrama artificial ou poda, é uma técnica utilizada para impedir a expansão dos nós vivos e mortos e aumentar a extensão de madeira limpa (POLLI et al., 2006). Embora a canjerana apresente desrama natural até aproximadamente metade da sua altura total (CARVALHO, 2002), Mattos et al. (2003) concluíram que através da execução de uma só desrama artificial é possível aumentar em cerca de 68% a proporção de madeira aproveitável do fuste. Esta é uma característica silvicultural importante da espécie pois permite aumentar o aproveitamento da madeira de canjerana, inclusive as submetidas à liberação neste experimento, que apresentaram maior comprimento de copa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIMI, S. C. **Tecnologia e crescimento inicial de mudas de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Santa Maria, 2014.
- CARVALHO, P. E. R. **Canjarana**. Circular técnica nº 67. Embrapa Florestas, Colombo, PR, 2002.
- FELIPPI, M. **Morfologia e silvicultura de espécies arbóreas da Floresta Estacional Decidual**. 2010, 211f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.
- GUERRA, A. et al. Morfoanatomia de folhas de sol e sombra de *Handroanthus chrysotrichus* (MART. EX. DC.) Mattos (Bignoniaceae). **SaBios: Revista da Saúde e Biologia**, v.10, n.1, p. 59-71, 2015.
- GALVÃO, F. **Variação sazonal da fotossíntese líquida e respiração de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart., *Ilex paraguariensis* St. Hil. e *Podocarpus lambertii* Kl. em função da intensidade luminosa e temperatura**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1986. 116p. Tese Doutorado.
- HALLÉ, F.; OLDEMAN, R. A.; TOMLINSON, P. B. **Tropical trees and forest**. Springer-Verlag, Berlin, Germany. 441p., 1978.
- LINKEVICIUS, E. et al. The impact of competition for growing space on diameter, basal area and height growth in pine trees. **Baltic Forestry**, n.20, v.2, p.301–313, 2014.
- MATTOS, R. B. **Produtividade e incremento de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart., *Cedrella fissilis* Vell. e *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud., em floresta nativa do Rio Grande do Sul**. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Santa Maria, 106p., 2009.
- MEYER, E. A. **Produção de madeira em regime de talhadia na Floresta Estacional Decidual**. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Maria, 108p., 2015.
- ORTEGA, L. S. de. Temperamento de luz de los arboles dei alto Paraná y potencial de regeneración forestal. **Kaa guy**, Assunción, v.II, n.I, p.16-20, 1995.
- PARKHURST, D. F.; LOUCKS, O. L. Optimal leaf size in relation to environment. **Journal of Ecology** **60**, v.2, p.505–537, 1972.
- PIZO, M. A. Dispersão e predação de sementes de *Cabralea canjerana* (Meliaceae) em duas áreas de mata do Estado de São Paulo. **Anais... CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA**, 46., 1995, Ribeirão Preto. Resumos. Ribeirão Preto: FFCLRP/ Universidade de São Paulo, 1995. p. 167.
- PIZO, M. A. Seed dispersal and predation in two populations of *Cabralea canjerana* (Meliaceae) in the Atlantic forest of southeastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v.13, p.559–578, 1997.

POLLI, H. Q. et al. Qualidade da madeira em clone de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden submetido a desrama artificial. **Revista Árvore**, v.30, n.4, p.557-566, 2006.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 7.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007. 728p.

SCHÜSSLER, G. **Dinâmica populacional e aspectos da regeneração natural de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. (Meliaceae) em uma zona de contato entre as florestas ombrófilas montanas, RS**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

SCHNEIDER, P. R. **Manejo Florestal: Planejamento da Produção Florestal**. Santa Maria: CEPEF/FATEC/UFSM. 2009. 613p.

SCHRÖDER, T.; FLEIG, F. D. Using natural regeneration seedlings for forest restoration. **REGET**, v.15, n.15, 2013.

SOUSA-SILVA, J. C. et al. Desenvolvimento inicial de *Cabralea canjerana* Saldanha em diferentes condições de luz. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, v.4, p.80 - 89, 1999.

TAFFAREL, M. et al. Efeito da silvicultura pós-colheita na população de *Chrysophyllum lucentifolium* cronquist (goiabão) em uma floresta de terra firme na Amazônia brasileira. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.38, n.6, p.1045-1054, 2014.

TURCHETTO, F. et. al. Can transplantation of forest seedlings be a strategy to enrich seedling production in plant nurseries? **Forest Ecology and Management**, n.375, p.96–104, 2016.

VENTUROLI, F.; FAGG, C. W.; FELFILI J. M. Crescimento de uma floresta estacional semidecídua secundária sob manejo em relação a fatores ambientais, em Pirenópolis, Goiás. **Revista De Biologia Neotropical**, n.7, v.2, p.1-11, 2010.

VENTUROLI, F. et al. Regime de luz em uma Floresta Estacional Semidecídua sob manejo, em Pirenópolis, Goiás. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.36, n.6, p.1135-1144, 2012

ZIMMERMANN, A. P. L. **Dispersão efetiva e padrão espacial da regeneração natural de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Santa Maria, 2014, 78 p.

ZIMMERMANN, A. P. L.; LIRA, D. F. S.; FLEIG, F. D. Estrutura e distribuição espacial da regeneração natural de canjerana em Floresta Estacional Decidual. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.34, n.80, p.369-373, 2014.