

REGINA ROSA FERNANDES

VARIAÇÕES ESTACIONAIS DOS TEORES DE UMIDADE E OLEORESINA EM FOLHAGEM DE
Pinus elliottii Engelm, *Pinus taeda* L. E *Araucaria angustifolia* (Bert)
O. Ktze. E SUA INFLUÊNCIA NO POTENCIAL DE INFLAMABILIDADE DAS COPAS

Dissertação submetida à consideração da Comissão Examinadora, como requisito parcial na obtenção de Título de "Mestre em Ciências-M.Sc.", no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

CURITIBA

1981



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

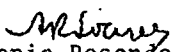
COORDENADOR DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

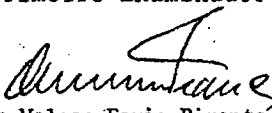
P A R E C E R

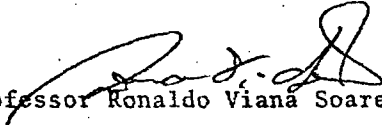
Os membros da Comissão Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado apresentada pela candidata REGINA ROSA FERNANDES, sob o título "VARIÇÕES ESTACIONAIS DOS TEORES DE UMIDADE E OLEORESINA EM FOLHAGEM DE *Pinus elliottii* ENGELM, *Pinus taeda* L. E *Araucaria angustifolia* (BERT) O. KTZE E SUA INFLUÊNCIA NO POTENCIAL DE INFLAMABILIDADE DAS COPAS" para obtenção do grau de Mestre em Ciências Florestais - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, área de concentração SILVICULTURA, após haver analisado o referido trabalho e arguido a candidata, são de parecer pela "APROVAÇÃO" da Dissertação, completando assim os requisitos necessários para receber o grau e o Diploma de Mestre em Ciências Florestais.

Observação: O Critério de avaliação da Dissertação e defesa da mesma a partir de novembro de 1980 é apenas APROVADA ou NÃO APROVADA.

Curitiba, 08 de maio de 1981


Professor Antonio Resende Soares, M.Sc.
Primeiro Examinador


Professora Otilia Magda Velosa Faria Pimenta de França, M.Sc.
Segunda Examinadora


Professor Ronaldo Viana Soares, Ph.D.
Presidente



À Monserrat minha mãe, com gratidão

À memória de meu pai

Jorge Geraldo Gomes Fernandes

Aos meus irmãos

Claudia e Reginaldo

Ao Berthier, Romeu e Gigi

companheiros de minha vida.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Ronaldo Viana Soares, pelas idéias, estímulo, compreensão e orientação geral deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Nilton Bührer, pela orientação das análises químicas e sugestões apresentadas.

À Prof.^a M.Sc. Aracely Vidal Gomes, pela sua atenção, amizade e valiosas sugestões.

À Universidade Federal do Paraná, por permitir a realização deste curso.

Ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, por ter possibilitado minha participação e execução deste trabalho.

Ao Departamento de Tecnologia Orgânica da UFPr., pelas facilidades e instalações oferecidas à execução do experimento.

Ao Químico Claudio Antonio Gazda, pelo apoio, incentivo e colaboração constante.

Aos funcionários do Departamento de Silvicultura (UFPr.), Sr. Elieser Silva e Sra. Marli Felipe, pelo auxílio nas análises de laboratório.

Ao Sr. Antonio Elias, responsável pela Estação Experimental de Pesquisas de Rio Negro, pela permanente ajuda nos experimentos de campo.

À Srta. Sonia Cachoeira, pela colaboração prestada nas

análises químicas.

Aos demais professores, funcionários e colegas, que con
tribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

REGINA ROSA FERNANDES, filha de Jorge Geraldo Gomes Fernandes e Monserrat Rosa Fernandes, nasceu no Rio de Janeiro, Estado do Rio de Janeiro, em 24 de outubro de 1946.

Em 1952 iniciou os estudos primários no Grupo Escolar Romaguêra Corrêa, em Uruguaiana, no Rio Grande do Sul, concluindo-os no Grupo Escolar Marechal Rondon, em 1957, na mesma cidade.

Os estudos secundários foram iniciados no Colégio Estadual D. Hermeto, em Uruguaiana, Rio Grande do Sul e concluídos no Colégio Estadual do Paraná, em Curitiba, PR, em 1964.

Em 1965 iniciou o Curso de História Natural na Universidade Federal do Paraná, graduando-se em 1968. Neste mesmo ano iniciou sua carreira no magistério no Colégio Estadual do Paraná, onde permaneceu até 1976.

Em 1972 ingressou no corpo docente da UFPr., como Auxiliar de Ensino, junto ao Departamento de Botânica, respondendo pela disciplina de Botânica Geral, onde atualmente exerce o cargo de professora assistente.

Em março de 1977 iniciou o Curso de Mestrado no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, na Área de concentração Silvicultura, concluindo os requisitos para obtenção do grau de M.Sc. em maio de 1981.

S U M Á R I O

	Página
Lista de Figuras	xi
Lista de Quadros	xii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Umidade das folhas verdes	3
2.1.1. Variações estacionais no teor de umidade	3
2.2. Causas das variações estacionais no teor de umidade	7
2.3. Considerações gerais sobre a resina	19
2.3.1. Fatores que afetam a produção de oleoresina ...	21
2.3.2. Variações estacionais no teor de extrativos ...	23
2.3.3. Influência do teor de oleoresina na combustibilidade das copas de coníferas	25
2.4. Importância dos fatores meteorológicos na umidade e combustibilidade das folhas verdes	30
3. MATERIAIS E MÉTODOS	35
3.1. Locais da Pesquisa	35
3.2. Espécies estudadas	37
3.3. Escolha dos talhões e das árvores	39
3.4. Análise das folhas	40

	Página
3.4.1. Coleta das folhas	40
3.4.2. Determinação do teor de umidade das folhas ...	40
3.4.3. Determinação do teor de oleoresina das folhas.	41
3.4.4. Determinação do teor de tanino	45
3.4.5. Determinação dos açúcares redutores e não-redutores	47
- 3.4.5.1. Determinação dos açúcares redutores	48
- 3.4.5.2. Determinação do açúcar não-redutor.	51
3.4.6. Determinação de proteínas	52
3.4.7. Porcentagem final de oleoresina	53
3.5. Análise do solo	53
3.5.1. Coleta das amostras	53
3.5.2. Determinação do teor de umidade do solo	54
3.6. Dados meteorológicos	54
3.7. Delineamento estatístico	55
4. RESULTADOS	57
4.1. Umidade das acículas	57
4.1.1. Teor de umidade nas acículas de <i>Pinus elliottii</i>	57
4.1.2. Teor de umidade nas acículas de <i>Pinus taeda</i> ...	60
4.1.3. Teor de umidade nas folhas de <i>Araucaria angustifolia</i>	63
4.1.4. Comparação das médias de umidade para as três espécies	63
4.2. Oleoresina das acículas	66
4.2.1. Teor de oleoresina das acículas de <i>Pinus elliottii</i>	66
4.2.2. Teor de oleoresina nas acículas de <i>Pinus taeda</i>	69

	Página
4.2.3. Teor de oleoresina nas folhas de <i>Araucaria angustifolia</i>	70
4.2.4. Comparação das médias de oleoresina na folhagem das três espécies	72
4.3. Teor de umidade do solo durante as estações do ano	77
4.4. Correlação entre os teores de umidade e oleoresina nas folhas, fatores meteorológicos e umidade do solo	81
4.4.1. Correlações entre as variáveis X_1 , X_2 , X_3 , X_4 , X_5 e X_8 (Teste A)	81
4.4.2. Correlações entre as médias de X_6 e X_7 do dia das coletas e as médias de X_1 , X_2 , X_3 , X_4 , X_5 e X_8 (Teste B)	83
4.4.3. Correlações entre as médias mensais de X_6 e X_7 e as médias de X_1 , X_2 , X_3 , X_4 , X_5 e X_8 (Teste C)	85
4.4.4. Correlações entre as médias de todas as variáveis, por estação do ano, com exceção da variável X_8 (Teste D)	87
5. DISCUSSÃO	90
5.1. Variação estacional do teor de umidade nas folhas	90
5.1.1. <i>Pinus elliottii</i> e <i>Pinus taeda</i>	90
5.1.2. <i>Araucaria angustifolia</i>	94
5.1.3. Avaliação do teor de umidade durante as estações do ano entre as espécies estudadas	96

	Página
5.2. Variação estacional do teor de oleoresina nas fo lhas de <i>Pinus elliottii</i> , <i>Pinus taeda</i> e <i>Araucaria</i> <i>angustifolia</i>	98
5.3. Avaliação do teor de umidade e oleoresina duran te as estações do ano e sua influência na combus tibilidade das copas	103
5.3.1. <i>Pinus elliottii</i>	103
5.3.2. <i>Pinus taeda</i>	105
5.3.3. <i>Araucaria angustifolia</i>	106
5.3.4. Avaliação do quantitativo de oleoresina na folha gem de <i>Pinus elliottii</i> , <i>Pinus taeda</i> e <i>Araucaria</i> <i>angustifolia</i>	106
5.4. Análises de correlação	108
6. CONCLUSÕES	115
6.1. Variação do teor de umidade nas folhas	115
6.2. Variação do teor de oleoresina nas folhas	115
6.3. Influência da variação estacional do teor de umi dade e oleoresina na combustibilidade das copas.	116
6.4. Correlações entre as variáveis	117
7. RESUMO	119
SUMMARY	121
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	123
APÊNDICE	128

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Variação do teor de umidade e oleoresina na folhagem de <i>Pinus elliottii</i> durante as estações do ano	59
2	Variação do teor de umidade e oleoresina na folhagem de <i>Pinus taeda</i> durante as estações do ano	62
3	Variação do teor de umidade e oleoresina na folhagem de <i>Araucaria angustifolia</i> durante as estações do ano	64
4	Variação do teor de umidade na folhagem de <i>Pinus elliottii</i> , <i>Pinus taeda</i> e <i>Araucaria angustifolia</i> no decorrer do ano	67
5	Variação do teor de oleoresina na folhagem de <i>Pinus elliottii</i> , <i>Pinus taeda</i> e <i>Araucaria angustifolia</i> no decorrer do ano	73

LISTA DE QUADROS

Quadro		Página
1	Médias mensais e anuais de temperatura, precipitação e umidade relativa do ar da região de Rio Negro, PR	36
2	Análise da variância do teor de umidade, das acículas de <i>Pinus elliottii</i> durante as estações do ano	58
3	Teste SNK referente à comparação das médias de umidade, das acículas de <i>Pinus elliottii</i> durante as estações do ano	58
4	Análise da variância do teor de umidade, das acículas de <i>Pinus taeda</i> durante as estações do ano	60
5	Teste SNK referente à comparação das médias de umidade, das acículas de <i>Pinus taeda</i> , durante as estações do ano	61
6	Análise da variância do teor de umidade, das folhas de <i>Araucária angustifolia</i> durante as estações do ano	63
7	Análise da variância da comparação entre as médias de umidade para as três espécies (<i>Pinus elliottii</i> , <i>Pinus taeda</i> e <i>Araucária angustifolia</i>), no decorrer do ano	65

8	Teste SNK referente à comparação das médias da porcentagem de umidade, na folhagem de <i>Pinus elliottii</i> (T ₁), <i>Pinus taeda</i> (T ₂) e <i>Araucaria angustifolia</i> (T ₃), no decorrer do ano	65
9	Análise da variância da porcentagem de oleoresina, das acículas de <i>Pinus elliottii</i> durante as estações do ano	68
10	Teste SNK referente à comparação das médias de oleoresina, das acículas de <i>Pinus elliottii</i> durante as estações do ano	68
11	Análise da variância da porcentagem de oleoresina, das acículas de <i>Pinus taeda</i> durante as estações do ano	69
12	Teste SNK referente à comparação das médias de oleoresina, das acículas de <i>Pinus taeda</i> durante as estações do ano	70
13	Análise da variância da porcentagem de oleoresina, nas folhas de <i>Araucaria angustifolia</i> durante as estações do ano	71
14	Teste SNK referente à comparação das médias de oleoresina, das folhas de <i>Araucaria angustifolia</i> durante as estações do ano	71
15	Análise da variância para a comparação das médias de oleoresina na folhagem de <i>Pinus elliottii</i> , <i>Pinus taeda</i> e <i>Araucaria angustifolia</i> no decorrer do ano.....	74

16	Análise da variância para a comparação das médias de oleoresina na folhagem de <i>Pinus elliottii</i> , <i>Pinus taeda</i> e <i>Araucaria angustifolia</i> na primavera	74
17	Análise da variância para a comparação das médias de oleoresina na folhagem de <i>Pinus elliottii</i> , <i>Pinus taeda</i> e <i>Araucaria angustifolia</i> no outono	75
18	Análise da variância para a comparação das médias de oleoresina na folhagem de <i>Pinus elliottii</i> , <i>Pinus taeda</i> e <i>Araucaria angustifolia</i> no inverno	75
19	Análise da variância para a comparação das médias de oleoresina na folhagem de <i>Pinus elliottii</i> , <i>Pinus taeda</i> e <i>Araucaria angustifolia</i> no verão	76
20	Teste SNK referente à comparação das médias de oleoresina, na folhagem de <i>Pinus elliottii</i> (T ₁) <i>Pinus taeda</i> (T ₂) e <i>Araucaria angustifolia</i> (T ₃) durante o verão	76
21	Análise da variância da porcentagem de umidade do solo, em plantio de <i>Pinus elliottii</i> , durante as estações do ano	78
22	Análise da variância da porcentagem de umidade do solo, em plantio de <i>Pinus taeda</i> durante as estações do ano	78

23	Análise da variância da porcentagem de umidade do solo, em plantio de <i>Araucaria angustifolia</i> durante as estações do ano	79
24	Teste SNK referente à comparação das médias de umidade do solo, para <i>Pinus elliottii</i> durante as estações do ano	79
25	Teste SNK referente à comparação das médias de umidade do solo, para <i>Pinus taeda</i> durante as estações do ano	80
26	Teste SNK referente à comparação das médias de umidade do solo, para <i>Araucaria angustifolia</i> durante as estações do ano	80
27	Matriz de correlação entre os teores de umidade (X_1) e oleoresina (X_2) nas acículas, umidade do solo a 20 cm (X_3), 60 cm (X_4), 100 cm (X_5) e número de dias sem chuva (X_8), em <i>Pinus elliottii</i> .	82
28	Matriz de correlação entre os teores de umidade (X_1) e oleoresina (X_2) nas acículas, umidade do solo a 20 cm (X_3), 60 cm (X_4), 100 cm (X_5) e número de dias sem chuva (X_8), em <i>Pinus taeda</i>	82
29	Matriz de correlação entre os teores de umidade (X_1) e oleoresina (X_2) nas folhas, umidade do solo a 20 cm (X_3), 60 cm (X_4), 100 cm (X_5) e número de dias sem chuva (X_8), em <i>Araucaria angustifolia</i>	83
30	Correlações entre as médias dos fatores meteorol	

	lógicos (X_6 e X_7) no dia da coleta, os teores de umidade (X_1) e oleoresina (X_2) na folhagem, umidade do solo a 20 cm (X_3), 60 cm (X_4), 100 cm (X_5) e número de dias sem chuva (X_8), para <i>Pinus elliotii</i> , <i>Pinus taeda</i> e <i>Araucaria angustifolia</i>	84
31	Correlações entre as médias mensais dos fatores meteorológicos (X_6 e X_7) com os teores de umidade (X_1) e oleoresina (X_2) na folhagem, umidade do solo a 20 cm (X_3), 60 cm (X_4), 100 cm (X_5) e número de dias sem chuva (X_8), para <i>Pinus elliotii</i> , <i>Pinus taeda</i> e <i>Araucaria angustifolia</i>	86
32	Matriz de correlação entre as médias de todas as variáveis por estação do ano, com exceção da variável X_8 , para <i>Pinus elliotii</i>	88
33	Matriz de correlação entre as médias de todas as variáveis por estação do ano, com exceção da variável X_8 , para <i>Pinus taeda</i>	88
34	Matriz de correlação entre as médias de todas as variáveis por estação do ano, com exceção da variável X_8 , para <i>Araucaria angustifolia</i>	89
35	Teor de umidade e oleoresina nas acículas (<i>Pinus elliotii</i>)	129
36	Teor de umidade e oleoresina nas acículas (<i>Pinus taeda</i>)	130
37	Teor de umidade e oleoresina nas folhas (<i>Araucaria angustifolia</i>)	131
38	Teor de umidade do solo - <i>Pinus elliotii</i>	132

Quadro	Página
39 Teor de umidade do solo - <i>Pinus taeda</i>	133
40 Teor de umidade do solo - <i>Araucaria angustifolia</i>	134
41 Dados meteorológicos	135
42 Dados meteorológicos mensais da Estação de Pesquisas Florestais de Rio Negro entre outubro de 1978 e agosto de 1979	136

1. INTRODUÇÃO

As copas dos pinheiros, embora sejam classificadas como combustível verde, são comumente consumidas pelos incêndios florestais, que as queimam rapidamente.

Algumas investigações têm sido realizadas sobre a variação do teor de umidade nas folhas, a qual varia não só com as espécies, mas também com as condições ambientais, na medida em que estas influenciam as taxas relativas de transpiração e de absorção de água (KRAMER & KOZLOWSKI²⁹). O mesmo se diz com relação ao teor de oleoresina, que pode variar durante certas estações do ano ou sob condições climáticas particulares, sendo que uma concentração mais alta destes compostos na folhagem verde dos pinheiros, pode acelerar a liberação de umidade durante o pré-aquecimento, o que favoreceria o desenvolvimento dos incêndios de copa (JOHNSON²⁵).

No sul do Brasil, grandes áreas têm sido reflorestadas com coníferas nos últimos anos e as espécies mais utilizadas são *Pinus elliottii*, *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia*. Estas áreas, reflorestadas com o objetivo de fornecer madeira às indústrias florestais da região, estão periodicamente sujeitas à ação do fogo que, quando intenso, pode provocar a destruição de extensas áreas, principalmente se se desenvolvem incêndios de copa.

Os teores de umidade e oleoresina nas folhas dessas es

pêcies certamente influem no grau de inflamabilidade das copas, contribuindo para a variação do potencial de incêndios de copa nos povoamentos.

Até o momento nenhuma pesquisa foi feita no país no sentido de se determinar os teores de umidade e oleoresina na folhagem dessas espécies estudando ao mesmo tempo a variação das porcentagens durante o decorrer do ano. As únicas informações disponíveis são sobre o *Pinus elliottii* e o *Pinus taeda* nas suas regiões de origem. Com relação a *Araucaria angustifolia* não existe nenhuma informação.

Visando obter maiores conhecimentos sobre o assunto, foi iniciado este trabalho, cujos objetivos principais foram:

i) estimar os teores de umidade e oleoresina na folhagem verde de *Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm, *Pinus taeda* L. e *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., através das quatro estações do ano;

ii) Verificar a existência de variações estacionais nas quantidades de umidade e oleoresina e procurar identificar as causas dessas variações;

iii) procurar determinar a(s) época(s) em que a folhagem destas espécies são mais suscetíveis aos incêndios de copa e as condições que favorecem o aumento da combustibilidade de suas copas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. UMIDADE NAS FOLHAS VERDES

Existem muitos estudos sobre o teor de umidade das fo_lhas verdes, mas poucos se aplicam a este trabalho, que discu_te a variação do teor de umidade e as possíveis relações com os incêndios de copa. O teor de umidade tem sido tradicionalmen_te citado como a mais importante mudança no combustível, que condiciona a inflamabilidade e o comportamento dos incêndios de copa (HOUGH²¹, PHILPOT⁴³, PHILPOT & MUTCH⁴⁴, VAN WAGNER⁶⁰).

A umidade contida em combustíveis é importante porque atua como um escoadouro da energia, diluindo os voláteis e ex_{cl}uindo o oxigênio da zona de combustão (PHILPOT & MUTCH⁴⁴).

Dessa forma, reconhece-se que a variação do teor de umi_dade tem grande influência na combustibilidade das acículas verdes e no comportamento dos incêndios de copa.

2.1.1. VARIAÇÕES ESTACIONAIS NO TEOR DE UMIDADE

O teor de umidade das folhas verdes é um dos principais fatores que influenciam a inflamabilidade do complexo do com_{bu}stível florestal (REIFSNYDER⁴⁶). As variações no conteúdo de umidade exercem uma influência poderosa e frequentemente con_trolam significativamente o comportamento do fogo (COUNTRYMAN⁸,

REIFSNYDER⁴⁶). Nas acículas de algumas coníferas, por exemplo, o teor varia bastante durante as estações de incêndio, chegando a afetar, consideravelmente, o potencial dos incêndios de copa (COUNTRYMAN⁸, HOUGH²¹, JAMESON²⁴, JOHNSON²⁵, PHILPOT & MUTCH⁴⁴, VAN WAGNER⁶⁰).

O teor em água das folhas varia com as espécies, a idade e a estação (DELL & PHILPOT¹², HOUGH²¹, IKEDA²³, JAMESON²⁴, KOZLOWSKI & CALUSEN²⁸, KRAMER & KOZLOWSKI²⁹, LEROY³¹, LITVAK³², OLSEN⁴¹, PHILPOT⁴³, PHILPOT & MUTCH⁴⁴, PISKUNOV⁴⁵, REIFSNYDER⁴⁶, SEROGLASOVA⁵⁰, VAN WAGNER⁶⁰, WENDEL & STOREY⁶⁴).

GIBBS*, citado por JAMESON²⁴, analisou registros de conteúdo de umidade de muitas espécies e determinou que as mesmas têm suas próprias características de padrão de umidade. O mesmo autor menciona que *Pinus strobus* em Montreal, Canadá, tem um ponto baixo de umidade no final da primavera e alto em meados de outono, sendo que *Pinus rigida*, segundo MEYER**, citado por JAMESON²⁴, apresentou um conteúdo de umidade maior no verão que no inverno, o mesmo acontecendo com outras quatro espécies da Carolina do Norte³⁹.

DELL & PHILPOT¹² trabalhando com folhas de "chamise", no sul da Califórnia, encontraram um teor de umidade alto no final da primavera, seguido por um decréscimo no final do verão e um aumento no final do outono.

* GIBBS, R.D. Patterns in the seasonal water content of trees. In: THIMANN, K.V., ed. The physiology of forest trees. New York, Ronald Press, 1958. p. 43-69.

** MEYER, B.S. Seasonal variations in the physical and chemical properties of the leaves of the pitch pine, with especial reference to cold resistance. Amer. J. Bot., 15: 449-72, 1928.

Resultados similares foram encontrados por OLSEN⁴¹ para a mesma espécie, concluindo que a "chamise" se torna mais suscetível ao fogo quando a umidade decai durante o período inativo.

PHILPOT⁴³ observou uma variação do teor de umidade nas acículas de *Pinus ponderosa* em Serra Nevada, Califórnia, de 103 a 125% do peso seco, sendo que o mesmo permaneceu constante na primavera, atingiu um máximo no verão e um mínimo durante os meses de inverno.

Segundo HOUGH²¹, um ponto baixo na variação estacional do conteúdo de umidade das folhas de *Pinus clausa*, em Ocala, ocorreu no início da primavera, alcançando um máximo no verão, decrescendo o resto do ano. REIFSNYDER⁴⁶, ao analisar as folhas verdes de *Kalmia latifolia*, em Connecticut, espécie esta considerada como extrema na propagação de um incêndio, também encontrou valores mínimos de umidade ocorrendo na primavera e máximos no final do verão.

JAMESON²⁴ em estudos sobre o teor de umidade nas acículas do *Pinus edulis*, no Arizona, encontrou um mínimo de umidade no final da primavera e início do verão e um máximo conteúdo de umidade no final do verão e início do outono.

Em estudos de FIRESTOP*, citado por REIFSNYDER⁴⁶, realizados na Califórnia e Idaho, em espécies de *Quercus* e arbustos sempre verdes, o teor de umidade das folhas novas era geralmente acima de 200% do peso seco no início da estação de crescimento. Esses teores decresceram rapidamente durante o

* FIRESTOP. Seasonal changes in chaparral moisture. Progress Rep., n. 6, 1955. 7 p.

verão, atingindo valores mínimos de 65 a 120% no início do outono. Depois disso, a umidade da folha aumentou até o inverno e primavera. Estes mesmos estudos mostraram que as folhas verdes das mesmas espécies atingiram um teor de umidade mínimo no final do inverno e um máximo no início da estação de crescimento.

VAN WAGNER⁶⁰, testando o teor de umidade nas acículas de cinco coníferas do leste do Canadá, verificou que as mesmas atingiram um mínimo de umidade na primavera e início do verão, elevando-se gradualmente até o final do verão. O mesmo ocorreu com as espécies estudadas por WENDEL & STOREY⁶⁴, na Carolina do Norte, cujos períodos de mais alta umidade ocorreram no verão e os mais baixos na primavera e no final do outono, que são também os períodos de maior ocorrência de incêndios nessa região.

IKEDA²³, por sua vez, verificou um teor de umidade mínimo nas acículas de coníferas no verão, sendo que, este teor foi maior nas espécies de folhosas do que nas coníferas, como também foi maior nos talhões mistos do que nos talhões puros.

JOHNSON²⁵, em Minnesota e Michigan, também observou que o teor de umidade nas acículas de *Pinus resinosa* e *Pinus banksiana*, decresceu constantemente durante todo o verão e outono, ou seja, com o avanço da estação de crescimento.

PHILPOT & MUTCH⁴⁴, no oeste de Montana, encontraram porcentagens baixas de umidade nas acículas de *Pinus ponderosa* e *Pseudotsuga menziesii* no inverno e no início da primavera, seguidas por um aumento gradual durante o verão. Aparentemente, o conteúdo de umidade foliar, não parecia estar diretamente relacionado à seca de verão.

O fato do conteúdo de umidade crescer nas acículas de *Pinus ponderosa* durante o verão é interessante, pois os incêndios de copa são mais dominantes à medida que a estação de incêndio progride nessa região (PHILPOT & MUTCH⁴⁴).

Tendências similares foram encontradas para *Pinus edulis* e espécies de *Juniperus* no Arizona e Utah (JAMESON²⁴) e para cinco espécies de coníferas no Canadá (VAN WAGNER⁶⁰).

PHILPOT⁴³, também encontrou os mesmos resultados em Serra Nevada, Califórnia, com a umidade aumentando durante a maior parte da época de incêndio e então, nivelando.

Segundo JOHNSON²⁵, quando se busca uma explicação satisfatória para incêndios de copa deve-se aparentemente, olhar além do conteúdo de umidade das acículas.

2.2. CAUSAS DAS VARIAÇÕES ESTACIONAIS NO TEOR DE UMIDADE

A principal causa das variações diárias ou estacionais no teor de umidade reside no atraso verificado na absorção de água relativamente à sua perda na transpiração (KRAMER & KOZLOWSKI²⁹).

Tal afirmação foi feita com base em experiência, onde os ritmos de absorção e de transpiração foram medidos simultaneamente em plantas jovens de *Pinus taeda* crescendo em vasos, cujo solo foi abastecido de água por auto-irrigadores (KRAMER*, citado por KRAMER & KOZLOWSKI²⁹).

Os défices de água nas folhas desenvolveram-se porque a perda de água excede a absorção. Este fato ocorre com fre

* KRAMER, P.J. The relation between rate transpiration and rate of absorption of water in plants. Am. J. Bot., 24: 10-15, 1937.

quência mesmo em plantas crescendo em solo úmido, devido a uma perda de água excessivamente rápida nos dias quentes; todavia, é normalmente mais severa quando a absorção é enfraquecida pela resistência existente dentro da planta, ao movimento de água, até a mesma penetrar nos vasos do lenho (RIZZINI⁴⁸), pela carência de água utilizável (HARMS¹⁸, JOHNSTON²⁶, KRAMER & KOZLOWSKI²⁹), baixa temperatura (KRAMER & KOZLOWSKI²⁹) ou baixa temperatura interna das árvores (JAMESON²⁴), solução do solo muito concentrada ou por um deficiente sistema radicial (KRAMER & KOZLOWSKI²⁹).

Segundo KRAMER & KOZLOWSKI²⁹, se um solo está muito saturado de água, o ar é deslocado do espaço correspondente aos poros não capilares, ficando a absorção da água impedida por arejamento deficiente; se o teor em água é muito baixo, a água remanescente é tão firmemente retida pelas forças de superfície das partículas do solo que não se encontra à disposição das raízes. Sendo assim, um solo que apresente diferença relativamente grande entre o ponto de murcha permanente (Tensão de umidade do solo-DPD -de 15 atm.) e a capacidade de campo (DPD de 0,1 atm.) é mais favorável à absorção de água pelas raízes, por possuir mais água disponível. Existem casos em que um arejamento deficiente ou outro fator desfavorável reduzem tão drasticamente as superfícies de absorção que resultam graves prejuízos para a copa.

Há provas de que a morte das extremidades das árvores em plantações de *Pinus radiata*, observada na Austrália, o acastanhar das copas de *Pinus taeda* na Carolina do Norte e a morte de indivíduos de *Pinus monticola* entre os 40 e 100 anos de idade podem, em parte, ser provocadas por deficiências hídri

cas internas, resultantes de danos nos sistemas radiculares devido a um deficiente arejamento e a outros fatores do solo (KRAMER & KOZLOWSKI²⁹).

HARMS¹⁸, ao relacionar a variação do déficit hídrico foliar com a variação do conteúdo de umidade do solo, para três espécies de *Pinus*, verificou que em tensões de umidade do solo abaixo de 1 a 4 bar, o déficit de água nas folhas era baixo e quase independente da umidade do solo, mas se a tensão de umidade do solo (DPD) aumentava acima desta série de valores, o déficit crescia consideravelmente, com pequenos decréscimos na umidade do solo. Esta tensão de umidade do solo pode sofrer um grande incremento, mesmo com um pequeno decréscimo no teor em água, quando o solo se aproxima do ponto de murcha permanente (KRAMER & KOZLOWSKI²⁹).

Sendo assim, segundo HARMS¹⁸, em virtude da tensão crescente e da pequena quantidade de água que permanece no solo, as demandas de transpiração serão difíceis de satisfazer.

Considerando que a absorção cai logo depois da transpiração (HARMS¹⁸, KRAMER & KOZLOWSKI²⁹, RIZZINI⁴⁸), o déficit de água aumenta. Tal fato ocorre mesmo em plantas que se desenvolvem em solo úmido (KRAMER & KOZLOWSKI²⁹) ou sob condições favoráveis de umidade (HARMS¹⁸).

Outro fato também interessante, verificado por HARMS¹⁸, foi que a variação em déficit de água está associada mais com as mudanças na tensão de umidade do solo do que com o conteúdo de umidade do solo. Existe pouca mudança na umidade do solo até que seja verificado um crescimento marcante em tensão.

SUDNITSYN et al.⁵⁷, em seus estudos na região de Volgograd, utilizaram plantações de *Pinus sylvestris* de 8 a 60

anos, obtendo correlações inversas marcantes entre a transpi_{ra}ção e as tensões de umidade do solo e de umidade das acícu_{la}s, válidas para ambas as idades. Os mesmos autores também mos_{tr}aram, através das distribuições e as quantidades de raízes_{fi}nas na secção vertical, que a água do solo a uma profundida_{de} de 1 a 2 metros não havia sido completamente utilizada.

CARTER et al.⁷ encontraram boa correlação entre o teor de umidade nas acículas de *Pinus taeda* e a transpiração, sob condições de umidade favoráveis.

Diferentes procedências podem alterar estas relações, como ocorreu com plantas morfológicamente idênticas, mas de três procedências diferentes de *Ulmus pumila*, onde as plantas de Khabarovsk apresentaram maior teor de umidade nas folhas e a mais alta transpiração, enquanto que as de uma procedência desconhecida transpiraram menos e perderam água pelas folhas numa proporção mais lenta (BORODULINA & BORISOVA³). O mesmo aconteceu com *Pinus ponderosa*, procedente de Idaho, que apre_{se}ntou potenciais de água mais altos do que os procedentes do Colorado, plantados no mesmo ano (BALDWIN & BARNEY²).

Uma boa correlação entre a umidade do solo e a umida_{de} das folhas verdes foi também encontrada por OLSEN⁴¹, no sul da Califórnia, enquanto que, durante a estação de incêndio no norte de Idaho, o conteúdo de umidade da folhagem de *Pinus pon_{de}rosa* variou inversamente com a umidade do solo e seca do cli_{ma} (CONNAUGHTON & MAKI*, citados por PHILPOT & MUTCH⁴⁴).

* CONNAUGHTON, C.A. & MAKI, T.E. The volatility content of evergreen foliage during periods of drought stress. (Unpublished office report USDA Forest Service on file at Intermountain Forest and Range Exp. Sta., Northern Forest Fire Laboratory, Missoula, Mont.), 1935.

JOHNSTON²⁶ provocou condições de seca em dois grupos de árvores de *Pinus radiata* com 4 anos de idade, encontrando uma boa correlação entre o déficit de água nas acículas e a tensão de umidade do solo, a qual se elevou durante a seca. Observou também que a chuva de outono, que umedeceu a parte superior do perfil do solo, reduziu o déficit de água nas acículas.

FISHER & STONE¹⁵, encontraram resultados semelhantes, na correlação entre o entumescimento relativo das acículas de *Pinus resinosa* e o conteúdo de umidade no perfil do solo superior e inferior a 20 cm, o qual aumentou depois da chuva de verão.

Por outro lado, JOHNSTON²⁶ verificou que *Pinus radiata* é capaz de manter a turgescência moderada em suas acículas, mesmo sob condições de solo muito seco, desde que existam precipitações frequentes e em quantidades suficientes para umedecer a folhagem.

Em Connecticut, REIFSNYDER⁴⁶ também menciona que, surpreendentemente, o teor de umidade das folhas foi mais alto nos meses mais secos, contrastando com a umidade do solo, que foi baixa durante os mesmos meses.

COUNTRYMAN⁸, estudando a umidade das folhas, concluiu também que a mesma é controlada largamente pela umidade do solo. Esta, juntamente com a procedência, o ano de plantio e a temperatura do ar é responsável por 62% da variação do potencial de água nas folhas (BALDWIN & BARNEY²).

PHILPOT⁴³, ao investigar o efeito da elevação no teor de umidade da planta, verificou que o teor de umidade nas acículas de *Pinus ponderosa* aumentou com a altura da copa, enquan

to que, na "manzanita" após testar três altitudes diferentes, concluiu ser evidente o efeito da elevação, uma vez que o ponto máximo do teor de umidade foi mais alto e ocorreu mais cedo em altitudes mais baixas. Essa diferença está provavelmente relacionada ao fato de que a umidade do solo é mais alta quando o aparecimento de brotos ocorre em alturas mais baixas da planta.

RUSSELL & TURNER⁴⁹, em pesquisas realizadas sobre o assunto, também salientaram o efeito da altitude sobre o teor de umidade das plantas, verificando que o mesmo decresceu da maior altitude até a zona onde as árvores estavam apenas começando a florescer.

Muitas vezes as baixas temperaturas do solo reduzem seriamente a absorção de água (JAMESON²⁴, KRAMER & KOZLOWSKI²⁹). Em estudos sobre o efeito da temperatura do solo na absorção de água de quatro espécies de pinheiros, KRAMER*, citado por KRAMER & KOZLOWSKI²⁹, observou que a absorção foi mais reduzida por ação do solo frio nas espécies meridionais, *Pinus elliotii* e *Pinus taeda*, do que nas espécies setentrionais, *Pinus strobus* e *Pinus resinosa*, o que leva a supor que plantas temperadas pelo frio, são mais permeáveis à água.

Segundo KRAMER & KOZLOWSKI²⁹, os protoplasmas de diferentes espécies possuem diferenças básicas, quanto a permeabilidade, podendo o protoplasma passar por alterações na permeabilidade quando sujeito a temperaturas baixas durante vários dias. As baixas temperaturas do solo também reduzem a permea

* KRAMER, P.J. Species differences with respect to water absorption at low soil temperatures. Am.J. Botany, 29: 828-32, 1942.

bilidade das raízes à água, o que aumenta a resistência ao movimento da água através das raízes.

Em geral, a maioria das espécies inicia seu crescimento na primavera. Parece também que, como regra, o crescimento irrompe logo que as temperaturas se tornam suficientemente altas e, deste modo, há uma larga variação nas datas do sul para o norte (KRAMER & KOZLOWSKI²⁹).

Nos Estados Unidos, por exemplo, muitas espécies iniciam o crescimento em março, ou seja, no início da primavera; porém, ao norte daquele país, ocorre somente em junho, isto é, no início do verão (KRAMER & KOZLOWSKI²⁹).

Segundo REIFSNYDER⁴⁶, pode ser demonstrado que os meses do calendário não são divisões de tempo apropriadas, uma vez que as plantas são influenciadas em seus crescimentos por outros fatores diferentes de calendário, apresentando alternadamente períodos de crescimento ativo e períodos de inatividade ou dormência.

KRAMER & KOZLOWSKI²⁹ salientam que nas plantas lenhosas existem dois tipos de dormência. Um deles é a dormência temporária de verão, que ocorre entre os períodos de crescimento, com duração de alguns dias a algumas semanas e cuja suspensão é espontânea. O outro tipo é a dormência permanente, cuja duração é de muitas semanas ou meses e que, normalmente, na zona temperada, não cessa a não ser depois que as plantas ficam expostas a baixas temperaturas durante um ou dois meses, concluindo que as temperaturas elevadas podem ser tão essenciais para o reinício do crescimento das árvores tropicais, como o são as baixas temperaturas para as árvores dos climas temperados.

MATTOS³⁵ observou períodos bem definidos no desenvolvimento do ciclo evolutivo de *Araucaria angustifolia*. O primeiro período compreende os meses de outubro a dezembro, onde se verifica a identificação dos carpelos, formação do arquegônio, polinização e fertilização. O segundo período caracteriza-se pelo estado de repouso ou hibernar, de pouca ou quase nenhuma atividade, compreendendo os meses de maio a julho. O último período, de dezembro a maio, é destinado à semente, que após a fertilização, completa o seu desenvolvimento.

Segundo o mesmo autor, normalmente a época de brotação se verifica nos meses de julho e agosto, sendo a época de maturação dos cones masculinos entre setembro e outubro e o período de formação inicial dos cones femininos entre agosto e outubro.

Um decréscimo no teor de umidade das folhas pode ocorrer com o avanço da estação de crescimento (HOUGH²¹, KOZLOWSKI & CLAUSEN²⁸, KRAMER & KOZLOWSKI²⁹, LEROY³¹, LITVAK³², REIFSNYDER⁴⁶, RUSSELL & TURNER⁴⁹, SEROGLASOVA⁵⁰).

BUCK*, citado por JOHNSON²⁵ e PHILPOT⁴³, trabalhando com diferentes espécies, registraram decréscimos similares no teor de umidade da folhagem nova com o avanço da estação de crescimento.

Do mesmo modo, RUSSELL & TURNER⁴⁹, em sete espécies de coníferas em British Columbia, verificaram que a ocorrência de incêndios de primavera se deve ao declínio do teor de umidade das acículas de coníferas nesta época, enquanto que,

* BUCK, C.C. Personal communication: Memorandum, forest fire research, 11/16/65, 1965. 2 p. (on file at North Central Forest Exp. Sta.).

LITVAK³², em estudos feitos com acículas de *Pinus sylvestris* em médio estágio de crescimento e PHILPOT⁴², notaram que o teor de umidade das acículas também caiu durante o período de crescimento do broto. Salieta ainda LITVAK³² que, como as acículas são importantes como órgãos de armazenamento, a queda aguda do teor de umidade das mesmas durante o período de crescimento do broto não depende apenas da transpiração, mas também da conversão de reservas em formas móveis e do movimento destas em direção aos pontos de crescimento.

HOUGH²¹ também constatou que na época do alongamento dos brotos, a água pode ser deslocada, juntamente com o fósforo, das partes mais velhas da planta para os centros ativos de crescimento, a fim de satisfazer as necessidades do tecido. Este é um fator importante em anos de seca, pois a umidade do solo não é prontamente acessível e há uma grande demanda nas acículas, o que predispõe as mesmas a uma ignição mais fácil e propagação mais rápida dos incêndios de copa.

JAMESON²⁴ chama a atenção para o fato de que modificações no conteúdo de umidade podem ser devidas ao crescimento dos brotos terminais suculentos, enquanto que HOUGH²¹ menciona que a ocorrência de valores máximos ou mínimos de umidade coincide com a quebra da dormência dos botões e começo do alongamento dos brotos, sendo os altos valores de umidade ocorridos no final do verão resultantes das acículas novas que se aproximam do seu crescimento máximo.

Quando o crescimento começa na primavera, o conteúdo de umidade alcança um pico e à medida que a estação de crescimento avança, o conteúdo de umidade decresce, alcançando um mínimo no outono, quando a planta fica dormente (COUNTRYMAN⁸).

LEROY³¹, em análises comparativas de folhas da copa de dez árvores dominantes de *Quercus robur*, observou um decréscimo do teor de umidade com o incremento de matéria seca durante a estação de crescimento.

GIBBS*, citado por KRAMER & KOZLOWSKI²⁹, HOUGH²¹, JOHNSON²⁵ e PHILPOT & MUTCH⁴⁴ observaram em pesquisas sobre o teor em água das acículas de várias coníferas, um decréscimo no teor em água com o aumento da idade destas estruturas.

PISKUNOV⁴⁵, em trabalhos sobre o teor de umidade e substâncias voláteis de acículas de várias idades, informou que o teor de combustão aumenta e os teores de umidade e voláteis decrescem com o aumento da idade das acículas.

Estudos feitos por SEROGLAZOVA⁵⁰ na Bielorrússia, com acículas de *Pseudotsuga menziesii*, *Picea abies* e *Larix decidua*, também demonstraram que o incremento progressivo de matéria seca vinha acompanhado por um decréscimo do teor de umidade, durante a estação de crescimento.

Segundo KOZLOWSKI & CLAUSEN²⁸, nas acículas jovens o teor de umidade decresce com o incremento da matéria seca e nas acículas velhas, primeiro se verifica o decréscimo, depois o teor de umidade é nivelado.

Observações semelhantes foram feitas por KRAMER & KOZLOWSKI²⁹ e REIFSNYDER⁴⁶, que observaram que à medida que os tecidos foliares ou as acículas amadurecem, o aumento em matéria sólida verificado nas paredes da célula compensa o acréscimo de água verificado nos vacúolos, resultando então um de

* GIBBS, R.D. Studies in tree physiology. I. General introduction: water contents of certain Canadian trees. Can. J. Res., C 17: 460-82, 1939.

crêscimo no teor em água.

O mesmo foi verificado por JOHNSON²⁵ em seu trabalho sobre a flutuação estacional da umidade nas acículas de coníferas em "Lake States", o qual diz que a flutuação estacional da umidade pode resultar de uma complexa interação de fatores, tais como a tensão de umidade do solo ou a evaporação potencial do ar, devendo-se, contudo, levar em consideração o espessamento das paredes celulares à medida que as acículas amadurecem, o que resulta em um aumento do peso seco em proporção à umidade.

O baixo conteúdo de umidade nas folhas no inverno tem sido relatado em muitas outras espécies (COUNTRYMAN⁸, HOUGH²¹, PHILPOT⁴³, PHILPOT & MUTCH⁴⁴, REIFSNYDER⁴⁶, VAN WAGNER⁶⁰) e é típico em pineiros (HOUGH²¹), sendo uma das principais razões das áreas expostas ao clima seco, tal como no sul da Califórnia, incendiarem-se frequentemente.

Outro fato a considerar na variação do teor de umidade nas folhas é o comportamento diferencial dos estômatos.

JAMESON²⁴ analisou variações de umidade diurnas e estacionais em *Pinus edulis* e em duas espécies de *Juniperus* no Arizona e Utah. O conteúdo de umidade de *Pinus edulis* foi inteiramente diferente do de *Juniperus*. As amostras do início do verão, em *Pinus edulis*, não seguiram um padrão distinto, enquanto que as coletadas no outono declinaram gradualmente em conteúdo de umidade durante o dia, mas não houve um aumento no fim do dia, como ocorreu com as espécies de *Juniperus*, o que leva a crer que as acículas de *Pinus* tem algum mecanismo que retarda a perda de umidade, que poderia ocorrer no verão, enquanto que em *Juniperus* esse mecanismo é totalmente diferente.

O mesmo autor salienta que padrões estacionais diferentes de umidade ocorrem, aparentemente, devido ao comportamento diferencial dos estômatos.

CARTER et al.⁷ encontraram uma boa correlação entre o teor de umidade das acículas de *Pinus taeda*, procedente do Texas e a porcentagem de estômatos abertos sob condições de déficit hídrico do solo. O teor de umidade das acículas foi relativamente alto quando os estômatos fechavam e a transpiração declinava drasticamente. As acículas mostraram possuir uma habilidade de conservar a umidade sob condições de seca, pelo fechamento dos estômatos e conseqüente redução da transpiração.

Segundo KRAMER & KOZLOWSKI²⁹, apesar dos estômatos geralmente fecharem à noite e abrirem durante o dia, nem todas as espécies se comportam desse modo. Os estômatos de algumas espécies podem fechar durante períodos secos o que retardaria a transpiração e permitiria o aumento do conteúdo de umidade (KOSIKOVA*, citado por JAMESON²⁵).

Muitos desvios do padrão diário do ciclo estomatal são possíveis. O grau de difusão através do estômato pode alcançar máximos e mínimos durante o dia e, se por acaso, o conteúdo de umidade "ótimo" nas folhas for encontrado entre o máximo e mínimo diurno, o controle químico dos estômatos pode tornar-se uma ajuda efetiva no controle do fogo (PHILPOT⁴²).

* KOSIKOVA, P.G. Water content in leaves and transpiration of perennial and annual cereals in relation to the growth of plants, and the effect of acid soil on them. Sbornik nauchno-Issled. Rabot Stud. Stavropolsk S. - Kh Inst., (4): 10-14, 1956. (Biol. Abstr. 35: 24784), 1956.

As estações secas e os sistemas de conteúdo de umidade determinam as estações reais de incêndio, mas os estudos sobre a química vegetal e as suas mudanças químicas, contribuem materialmente para a disponibilidade de energia ao processo de combustão (PHILPOT*, citado por PHILPOT & MUTCH⁴⁴).

Segundo PHILPOT & MUTCH⁴⁴, é necessário que os extrativos, ou parte deles, sejam considerados juntamente com o conteúdo de umidade na abordagem do problema de suscetibilidade aos incêndios de copa.

2.3. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A RESINA

As resinas são misturas heterogêneas de ácidos resínicos ($C_{20}H_{30}O_2$), ácidos graxos, ésteres destes ácidos, esteróis, álcoois, ceras e resenos (WISE & JAHN**, citados por KRAMER & KOZLOWSKI²⁹). Trata-se de substância inflamável, dotada de certa consistência, de coloração amarelada (MUNIZ et al.⁴⁰).

As resinas são sintetizadas tanto por coníferas como por folhosas, sendo que as coníferas produzem usualmente quantidades muito maiores, tendo-se registrado, nos lenhos das coníferas, produções de resina entre 0,8 a 25 por cento (WISE & JAHN).

PHILPOT & MUTCH⁴⁴ encontraram nas folhas de coníferas, de 5 a 14 por cento do peso seco de oleoresina e HOUGH²¹, nas acículas de *Pinus clausa*, encontrou quantidades em torno de

* PHILPOT, C.W. The effect of reduced extractive content on the burning rate of aspen leaves. USDA For. Serv. Res. Note INT-92, 1969. 6 p.

** WISE, L.E. & JAHN, E.C. Wood chemistry. New York, Reinhold Publ. Corp., 1952. v.1.

10 a 13,5 por cento do peso seco.

Comercialmente, as resinas mais importantes são as oleoresinas obtidas dos pinheiros, as quais são segregadas em condutos especiais, frequentemente muito ramificados, de tal forma que, quando uma das ramificações é perfurada ou ferida, as oleoresinas acorrem à área cortada, vindo de distâncias consideráveis (WISE & JAHN).

A resina bruta é fluída, em virtude da presença de grande quantidade de óleo essencial de terebentina. É má condutora de eletricidade, insolúvel na água, porém solúvel no álcool etílico e demais solventes orgânicos. Atua como ácido fraco frente aos álcalis, formando sabões emulsionáveis na água, chamados resinatos. Ordinariamente é amorfa, apresentando um baixo ponto de fusão. Mediante tratamentos adequados, principalmente de destilação, obtém-se, em estado líquido, a essência ou óleo essencial de terebentina, que é volátil e, em estado sólido, o breu ou colofônia, não volátil (MUNIZ et al.⁴⁰).

Na oleoresina do lenho de *Pinus pinaster*, por exemplo, foi encontrada uma proporção de 12,5 por cento de essência de terebentina, 83 por cento de resíduo sólido (breu) e 4,5 por cento de outros produtos (MUNIZ et al.⁴⁰).

O Serviço Florestal do Estado de São Paulo determinou, em oleoresina de *Pinus elliottii*, 72 por cento de breu e 16 por cento de terebentina, enquanto que o Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT) encontrou para a mesma espécie, 78 por cento de breu, 18 por cento de terebentina e 4 por cento de água (QUÍMICA E DERIVADOS⁶²).

Tais proporções de compostos voláteis e não voláteis, podem ser atribuídas aos diversos tecidos produtores de óleo

resina, pois segundo D'ANGELO¹⁰, as quantidades, em se tratando de óleos vegetais, são similares entre o tronco, galhos, folhas, flores ou frutos.

2.3.1. FATORES QUE AFETAM A PRODUÇÃO DE OLEORESINA

A produção de oleoresina varia não apenas entre as espécies, mas também entre as diferentes árvores de uma mesma espécie (KRAMER & KOZLOWSKI²⁹).

BOURDEAU & SCHOPMEYER*, citados por KRAMER & KOZLOWSKI²⁹, verificaram que em *Pinus elliottii*, o quantitativo exsudado era controlado pelo número e dimensão dos canais resiníferos, pelas pressões da oleoresina e pela respectiva viscosidade e que as pressões mais elevadas ocorriam ao amanhecer e as mais baixas à tarde, quando as tensões de umidade encontram condições de desenvolvimento nas árvores em intensa transpiração.

HODGES & LORIO¹⁹, por sua vez, encontraram para *Pinus taeda*, uma correlação entre a pressão de exsudação da oleoresina (PEO) e o teor de umidade nas acículas (TUA) que embora tenha sido boa ($r = 0,71$), talvez tenha sido afetada pelo fato dos efeitos osmóticos contribuírem para o TUA, mas não para o PEO.

O grau de secreção da oleoresina, fator importante na ocorrência da combustão é, segundo GRIMAL'SKILL¹⁷, determinado principalmente pelo conteúdo de água, variando considera

* BOURDEAU, P.F. & SCHOPMEYER, C.S. Oleoresin exudation pressure in slash pine: its measurement, heritability, and relation to oleoresin yield, chap. 14. In: THIMANN, K.V. ed. The physiology of forest trees. New York, Ronald Press, 1958.

velmente com o momento do dia, mas sendo quase sempre alto e relativamente constante em acículas longas e verde azuladas em árvores bem supridas de nitrogênio. Com o decréscimo da umidade, o grau de secreção começa a diminuir. Nas acículas que caem no chão, a secreção ainda é mantida por cinco minutos, decrescendo rapidamente após esse tempo.

Também PHILPOT & MUTCH⁴⁴, em seu trabalho sobre o teor de umidade e extrativos nas acículas de *Pinus ponderosa* no oeste de Montana, mencionaram que uma tendência de umidade crescente talvez intensificasse o processo de combustão nas copas das coníferas.

Vários outros fatores podem ainda influir no grau de secreção da oleoresina, como por exemplo, a idade das acículas, pois diversos autores mencionam que o teor de oleoresina é menor em acículas jovens, aumentando a medida em que elas amadurecem (HOUGH²¹, PHILPOT & MUTCH⁴⁴, PISKUNOV⁴⁵, SINCLAIR & DYMOND⁵²).

Outro fator a considerar, segundo MERGEN & ECHOLS*, citados por KRAMER & KOZLOWSKI²⁹ e MELLO³⁶, seria que a capacidade de cada árvore para produzir grandes quantidades de oleoresina parece constituir uma característica hereditária.

MELLO³⁶, em seu estudo sobre o aumento do rendimento de oleoresina de *Pinus elliottii*, salienta que devido a grande variação na capacidade de produção de oleoresina pelas árvores individualmente e à forte herdabilidade da característica de produção, a melhor forma de aumentar o rendimento em

* MERGEN, P.E. & ECHOLS, R.M. Genetic control of oleo resin yield and viscosity in slash pine. Forest Sci., 1: 19-30, 1955.

oleoresina de cada árvore seria desenvolver linhagens superiores através de trabalhos de seleção e cruzamentos.

Segundo o mesmo autor, em uma plantação de *Pinus eliottii*, atualmente com mais de 20 anos de idade, foram selecionadas 22 entre 400 árvores escolhidas em uma primeira fase. Dessas 22 árvores selecionadas, 5 são grandes produtoras de oleoresina, colocando-se bem acima da média.

Segundo MUNIZ et al.⁴⁰, as três espécies de *Pinus* consideradas melhores produtoras de oleoresina são *Pinus eliottii*, *Pinus palustris* e *Pinus pinaster*.

Segundo HODGES & LORIO²⁰, *Pinus taeda* não é uma espécie considerada boa produtora, devido à facilidade com que sua oleoresina se cristaliza quando em contato com o ar, o que, consequentemente, impede o escoamento fácil quando as árvores sofrem incisões.

2.3.2. VARIAÇÕES ESTACIONAIS NO TEOR DE EXTRATIVOS

O teor de extrativos na folhagem de *Pinus ponderosa* e *Pseudotsuga menziesii* foi determinado durante duas estações de incêndio, a oeste de Montana, por PHILPOT & MUTCH⁴⁴, que encontraram um teor de extrativos mais alto na folhagem de *Pseudotsuga* no fim do verão, quando o rigor do incêndio nessa região é geralmente mais forte, ao passo que o conteúdo de extrativos na folhagem de *Pinus* foi alto durante todo o período de amostragem. Durante os dois verões, as acículas de *Pseudotsuga* mostraram muito mais mudança no conteúdo de extrativos do que *Pinus*. *Pinus* mostrou pouca ou quase nenhuma mudança durante 1969, ao passo que *Pseudotsuga* teve um aumento significati

vo durante a estação de incêndio de 1969.

Outro aspecto interessante, encontrado por estes mesmos autores (PHILPOT & MUTCH⁴⁴), foram as tendências com relação à umidade e extrativos na folhagem dessas duas espécies, cuja diminuição no teor de extrativos coincidiu com o início da precipitação em 1968, enquanto durante o ano seco de 1969, tal não aconteceu. Por outro lado, a queda ocorrida com *Pseudotsuga* em 1968 foi estatisticamente significativa ao nível de 95% de probabilidade, enquanto que *Pinus* pareceu manter um conteúdo alto de extrativos durante ambas as estações de incêndio, observando-se uma pequena queda em 1968, que estatisticamente não foi significativa.

Os mesmos autores comentam que *Pseudotsuga* reage de forma diferente de *Pinus* à seca de verão, no que diz respeito ao acúmulo de extrativos. Talvez o potencial de incêndios de copa de *Pinus* seja alto durante uma grande parte do ano, porque os extrativos permanecem uniformemente altos, enquanto que em *Pseudotsuga* o potencial é alto apenas durante as estações de incêndio, verificando-se que o seu conteúdo de extrativos varia com a seca.

Resultados similares foram encontrados nas folhas de *Eucalyptus dives*, na Austrália, cujo teor de óleos essenciais foi mais alto durante 1965, um excepcional ano seco, do que em 1964 (FIRE CONTROL RESEARCH¹⁴).

Variações estacionais no teor de extrativos foram também evidenciados por HOUGH²¹, na Floresta Nacional de Ocala, nas acículas de *Pinus clausa*. O conteúdo de extrativos nas acículas velhas permaneceu em alto nível durante todo o ano, apresentando um leve pico no início da primavera. O conteúdo de

extrativos nas acículas jovens também alcançou um pico no início da primavera, caindo bruscamente com o crescimento ocorrido na primavera, alcançando o mínimo no início do verão. O conteúdo de extrativos cresceu no resto do ano, à medida que as acículas amadureciam, porém os valores continuaram mais baixos que os encontrados nas acículas velhas. Foram observadas tendências estacionais similares entre o conteúdo de extrativos e o conteúdo energético das acículas de *Pinus clausa*. As tendências estacionais com relação ao teor de umidade, extrativos e fósforo, indicam que incêndios de copa têm grande probabilidade de ocorrer no final do inverno ou início de primavera. Este é o período durante o qual as acículas, tanto jovens como velhas, apresentam o mais baixo teor de umidade e o mais alto teor de extrativos. Contudo, a maior parte da copa da árvore permanecerá altamente inflamável até o final da primavera e início do verão.

O teor de oleoresina nas acículas de *Pinus roxburghii*, na Índia, também alcançou um pico no início do inverno e após um decréscimo na primavera, tornou a aumentar no final do verão (KARNIK²⁷).

PHILPOT & MUTCH⁴⁴ verificaram, principalmente nas coníferas, um acúmulo de extrativos ou mudanças na sua composição durante a estação de incêndio, o que aumenta a combustibilidade de suas copas.

2.3.3. INFLUÊNCIA DO TEOR DE OLEORESINA NA COMBUSTIBILIDADE DAS COPAS DE CONÍFERAS

Segundo HOUGH²¹, o material extraído com éter das fo

lhas do pinheiro é insolúvel em água e é composto de resinas, ceras, óleos e gorduras. Estes possuem conteúdo altamente energético e, por evaporarem facilmente, são mais acessíveis à combustão do que os materiais não extrativos. Logo, as acículas com altas quantidades destes extrativos queimam fácil e intensamente.

TRUJILLO⁵⁹, em seus estudos sobre a química do combustível, também menciona que o teor de oleoresina exerce uma influência acentuada no comportamento dos incêndios florestais.

MISSBACH³⁸, por sua vez, em um estudo nas acículas de três coníferas, verificou que o ponto de queima correlacionou-se negativamente com o teor de umidade nas acículas e positivamente com o teor de voláteis.

Foi determinado que os fatores que influenciam diretamente a inflamabilidade das folhas verdes e a produção de energia total dos combustíveis florestais são os teores de oleoresina, umidade e fosfatos, sendo que uma redução nestes últimos pode afetar bastante o índice de propagação de um incêndio (TRUJILLO⁵⁹).

HUBERT²², em estudos sobre a oleoresina nas acículas de várias coníferas, mostrou que todas elas tem o ponto de ignição consideravelmente abaixo do ponto de ebulição da água, o que pode elucidar sobre a alta combustibilidade das copas verdes das coníferas nas florestas. O mais baixo ponto de ignição foi apresentado por *Pinus monticola* (45°C), seguido de *Pinus ponderosa* (50°C). Mostrou também que a oleoresina extraída das acículas de *Pinus* e do abeto tem pontos médios de ignição de 54°C e 46°C, respectivamente.

SHAFIZADEH et al.⁵¹ salientaram que, ao contrário das

expectativas, os extrativos em benzeno-etanol, que são polares e tem um conteúdo baixo de calor, decompuseram-se a baixas temperaturas e facilitaram o início da combustão e propagação das chamas.

Segundo PHILPOT & MUTCH⁴⁴, um entendimento dos níveis de energia é essencial para o estudo qualitativo da combustão em acículas verdes de coníferas. O exame de mais de seiscentos registros de plantas indicaram que diferenças significantes no conteúdo de calor existem entre partes de plantas, entre a vegetação recolhida em meses diferentes e entre a vegetação existente em comunidades ecológicas diferentes (GOLLEY* citado por PHILPOT & MUTCH⁴⁴).

AMIOT**, citado por PHILPOT & MUTCH⁴⁴, descobriu que o calor de combustão de amostras de folhagem, difere consideravelmente de acordo com o tipo florestal; quanto mais coníferas existem no povoamento, mais alto o calor de combustão de sua folhagem.

O conteúdo de extrativos está diretamente relacionado com o conteúdo total de energia das plantas (HOUGH²¹, PHILPOT & MUTCH⁴⁴). Estes extrativos podem ser importantes por muitas razões: em primeiro lugar, eles tem um conteúdo alto de energia, em segundo lugar, uma parte deles é mais suscetível à combustão do que outros componentes das acículas, devido a sua alta pressão de vapor e, em alguns casos, em razão de sua lo

* GOLLEY, F.B. Energy values of ecological materials. Ecology, 42: 581-84, 1961.

** AMIOT, L. Inflammabilité et pouvoir thermique de las matieré organiqué de certains types forestiers. Contribution, n.3, Université Laval, Québec, Canada, 1959. 24 p.

calização nas superfícies das acículas (PHILPOT*, citado por PHILPOT & MUTCH⁴⁴).

Segundo PHILPOT & MUTCH⁴⁴, os extrativos são provavelmente mais importantes do que as mudanças estacionais nos níveis de energia, no que diz respeito à ignição e índice de propagação de incêndios pois, apesar da energia da *Pseudotsuga* aumentar devido ao aumento de extrativos, a energia do combustível extraído também aumentou, verificando-se que para *Pinus*, a mudança de energia ocorreu mais devido à mudança de energia nos extrativos do que qualquer aumento nos extrativos. Dessa forma, o teor de extrativos pode dar um aspecto significativo à propagação das chamas nas copas de coníferas, sendo que o dobro destes compostos em *Pseudotsuga* durante a estação de incêndio pode ser considerado importante na possibilidade de extensão dos incêndios de copa.

De acordo com HOUGH²¹, a eficiência da combustão é reduzida e maior quantidade de energia é necessária para alcançar a temperatura de ignição se o conteúdo de umidade das acículas for alto, sendo essa, certamente, a razão da menor intensidade dos incêndios no outono, quando a umidade das acículas é alta.

Experiências de STOCKSTAD⁵⁵ sobre a propagação de incêndios florestais na copa indicaram as condições necessárias para ocorrer a combustão, descrevendo as temperaturas das superfícies das acículas no momento da combustão, variando os teores de umidade da acícula entre 4,9; 7,7; 12,5 e 33,1%; mos

* PHILPOT, C.W. Seasonal changes in heat content and ether extractive content of chamise. USDA For. Serv. Res. Pap. INT-61, 1969. 10 p.

trando existir uma diferença significativa ao nível de 95% de probabilidade no tempo de atraso para a ignição para os teores de umidade acima de 7,7%. Não foram encontradas diferenças significantes, ao mesmo nível de probabilidade, para teores de umidade abaixo de 7,7%, donde se conclui que a probabilidade para a ocorrência de uma ignição não aumenta a níveis de umidade abaixo de 7,7%, mas decresce a teores de umidade acima desse nível.

Um estudo sobre a variação dos voláteis das folhas de três espécies de *Juniperus*, determinou que a volatilização está diretamente correlacionada com a temperatura do ar e que a mesma é mais rápida à medida que a temperatura do ar aumenta (TATRO et al.⁵⁸).

Também SHAFIZADEH et al.⁵¹, analisando o papel dos extrativos na propagação de incêndios florestais, verificaram que o índice de gaseificação desses materiais e o relacionamento com o desprendimento de energia, variava em função da temperatura. Foi determinado que a gaseificação dos extrativos contribui substancialmente ao desprendimento de calor dos combustíveis da folhagem, tendo os mesmos um papel significativo, tanto no início da combustão a baixas temperaturas, como no aumento da intensidade do incêndio a altas temperaturas.

Desde que a pirólise e a gaseificação dos materiais da parede celular conduzem a temperaturas relativamente altas, a gaseificação inicial dos extrativos aumenta significativamente a inflamabilidade das folhas dessas espécies que tem conteúdos altos de extrativos, especialmente quando os extrativos são facilmente gaseificados a baixas temperaturas, como os voláteis encontrados nas acículas das coníferas (SHAFIZADEH et

a1.51).

2.4. IMPORTÂNCIA DOS FATORES METEOROLÓGICOS NA UMIDADE E COMBUSTIBILIDADE DAS FOLHAS VERDES

Vários pesquisadores mencionaram a importância dos fatores meteorológicos na incidência de incêndios florestais (ASHBY¹, COUNTRYMAN⁸, CRAMER⁹, DAVIS¹¹, FAHNESTOCK¹³, HOUGH²¹, KRUEGER³⁰, PHILPOT & MUTCH⁴⁴, SOARES⁵³, STÓLJARCUK⁵⁶, WEBB⁶³, ZIEGER & LANGE⁶⁵, JAMESON²⁴).

A maior parte dos grandes incêndios ocorrem quando os perfis de temperatura, através dos níveis mais baixos da atmosfera, mostram algum grau de instabilidade (DAVIS¹¹).

Duas estações de incêndio foram analisadas por PHILPOT & MUTCH⁴⁴, no oeste de Montana, em 1968 e 1969. Durante a estação de incêndio de 1968, a umidade relativa média era de 40%, enquanto que em 1969 as médias estiveram entre 20 e 30%.

KRUEGER³⁰ também concluiu em um estudo sobre os incêndios florestais na Georgia, de 1950-59, que a umidade relativa no momento da ocorrência dos incêndios era igual ou menor que 30% e que a probabilidade de grandes incêndios ocorrerem aumenta rapidamente à medida que a umidade relativa decresce de 25%.

Análises feitas por computador, no Texas, sobre variáveis importantes no controle dos incêndios, revelaram que os incêndios mais numerosos ocorreram quando a umidade relativa era menor que 40%, indicando um ponto crítico e mais atenção no final da manhã e início da tarde, aproximadamente, entre 9 e 13 horas (FAHNESTOCK¹³).

Apesar disso, segundo ZIEGER & LANGE⁶⁵, quase metade dos incêndios na Alemanha, começaram quando a umidade relativa do ar, medida a qualquer hora entre 7 h da manhã e 13 h, era maior que 60%. Ao mesmo tempo, mais de 60% dos incêndios ocorreram depois de períodos secos, quando menos de 1 mm de chuva havia caído durante os últimos 10 dias e quase 50% ocorreram com temperaturas superiores a 20°C.

STOLJARCUK⁵⁶ relacionou, através de estudos da região de Archangel, o período máximo de dias sem chuva, a temperatura média do dia e o total de precipitação do mes. Concluiu que o fator mais importante é o número de dias sem chuva, e que a precipitação existente em um período de 5 dias precedentes ao período de seca, não tem influência no número de incêndios, porém, a quantidade de chuva em um período de 10 a 15 dias precedentes, apresenta uma maior influência.

Os resultados obtidos por SOARES⁵³, nas correlações entre diversos fatores meteorológicos, mostraram uma tendência de aumento dos valores das correlações com o aumento do período de tempo. Também a variabilidade diminuiu sensivelmente do período de 5 dias para o de 30 dias antes dos incêndios, o que mostra que à medida que aumenta o intervalo de tempo, mais estáveis se tornam as correlações entre os fatores meteorológicos.

Segundo CRAMER⁹, a umidade relativa é importante no controle de incêndios florestais, porque ela influencia o conteúdo de umidade dos combustíveis verdes que, por sua vez, influenciam na combustão da floresta.

SCHROEDER & BUCK*, citados por SOARES⁵³, também consideram a umidade relativa do ar um elemento chave nas condições meteorológicas dos incêndios, pelo seu efeito direto na inflamabilidade dos combustíveis florestais, apresentando, através de suas inter-relações com outros fatores climáticos, efeitos indiretos em outros aspectos do comportamento do fogo. Durante períodos muito secos, a baixa umidade pode, inclusive, afetar o conteúdo de umidade dos combustíveis verdes. A umidade relativa é, conseqüentemente, parte dos sistemas de muitos índices de perigo de incêndio (CRAMER⁹, FAHNESTOCK¹³, KRUEGER³⁰, SOARES⁵³, ZIEGER & LANGE⁶⁵).

Segundo CRAMER⁹, a umidade relativa é usada para indicar quando o estado atmosférico é suficientemente sério em relação a ocorrência de incêndios. A previsão da umidade relativa é ingrediente essencial para prever a umidade do combustível e, apesar de seus usos, ela é difícil de aplicar, devido à sua distribuição, que é freqüentemente complexa. A umidade e temperatura variam de um lugar para outro, em razão principalmente das diferenças de altitude. Tal variação é particularmente caracterizada onde o terreno estende-se para o alto por duas ou mais camadas de ar, cada uma com suas próprias propriedades de temperatura e umidade. Assim sendo, as maiores altitudes podem, algumas vezes, ser mais quentes e secas que as menores altitudes, apesar do reverso ser mais comum. Em camadas completamente mistas, a temperatura e a umidade mudam de forma regular com a altitude, isto é, o decréscimo da tempera

* SCHROEDER, M.J. & BUCK, C.C. Fire weather: a guide for application of meteorological information to forest control operations. USDA: Agriculture handbook, n. 360, 1970. 229 p.

tura com o acréscimo da altitude e umidade.

Segundo DAVIS¹¹, as umidades relativas na área dos incêndios variam de 18 a 80%. Uma grande porcentagem dos incêndios durante períodos em que a atmosfera esteve absolutamente instável, queimaram quando as umidades relativas na superfície estavam acima do nível normalmente associado com grandes incêndios. Saliencia o autor que quase 60% dos grandes incêndios estudados aconteceram quando a umidade relativa da área estaca acima de 30%. A estabilidade da massa de ar, entretanto, parece ser tão importante, se não mais, do que o baixo nível de umidade no comportamento dos incêndios florestais, uma vez que tenham iniciado (DAVIS¹¹, HOUGH²¹).

HOUGH²¹ correlacionou as variações do número de incêndios com a média mensal de precipitação desde 1961 até 1970, na Flórida, verificando algumas correlações interessantes com relação a épocas mais estáveis e outras instáveis, predispondo os povoamentos a uma maior ou menor incidência de grandes incêndios. Em determinadas épocas do ano, apesar de um pequeno pico secundário no número de incêndios ter coincidido com as quantidades baixas de precipitação, notou-se que poucos hectares foram perdidos, sendo esta pequena perda explicada em parte pelo clima, ou seja, poucos dias com baixa umidade relativa e altas velocidades do vento, com massas de ar geralmente estáveis.

Dados mostraram a ocorrência de incêndios relativamente grandes em um mês com precipitação normal ou alta, se houver períodos de 4 a 7 dias sem chuva. Alguns combustíveis secam e inflamam neste período, entretanto, o fogo se espalha vagarosamente e é facilmente controlado (HOUGH²¹).

Chuvas pesadas de curta duração fazem pouco para restaurar a umidade do combustível que diminuiu pela seca (HOUGH²¹, WEBB⁶³). Deste modo, fortes chuvas não frequentes não irão reduzir o perigo de incêndio por muito tempo (HOUGH²¹). WEBB⁶³ realizou em Quebec, durante o verão de 1961, medições de chuva e concluiu que apenas uma precipitação estável e uniforme pode reduzir a seca e o perigo de incêndio.

Também a influência da direção e da velocidade dos ventos foi testada, com relação à propagação dos incêndios de copa. HOUGH²¹ observou em maio de 1964 e maio de 1965 na Floresta Nacional de Ocala, que apesar do combustível estar muito mais seco em 1965, grandes incêndios se desenvolveram em 1964, quando os ventos eram invariáveis em velocidade e direção, sendo que em 1965, eram fracos e variáveis em sua direção.

Segundo HOUGH²¹, parece existir um padrão climático geral associado aos grandes incêndios, caracterizado por deficiência de chuvas, baixa umidade relativa do ar, alta velocidade do vento e boa visibilidade, indicando massas de ar instáveis. No entanto, o mesmo autor comenta que a variação na área queimada não pode ser bem explicada apenas pelos fatores climáticos, indicando que as características do combustível, com relação ao teor de umidade e extrativos, exercem uma grande influência no comportamento dos incêndios de copa.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. LOCAIS DA PESQUISA

A parte de campo da pesquisa foi desenvolvida na Estação de Pesquisas Florestais de Rio Negro, da U.F.Pr., situada em Rio Negro, a aproximadamente $26^{\circ}00'$ de latitude sul, $49^{\circ}40'$ de longitude oeste e 800 m de altitude sobre o nível do mar.

A precipitação anual da região (média de 39 anos) é de 1300,5 mm, a temperatura anual (média de 8 anos) é de $16,4^{\circ}\text{C}$ e a umidade relativa do ar (média de 7 anos) apresenta 84,8% como média anual (Quadro 1) (MAACK³³).

Segundo a classificação de Köppen, Rio Negro pertence à uma região Cfb, sempre úmida, onde a temperatura média do mês mais quente é menor que 22°C , durante 11 meses há temperaturas médias maiores que 10°C e ocorrem mais de 5 geadas por ano. Quanto à topografia, esse local encontra-se no segundo planalto paranaense (MAACK³³).

O solo tem boa drenagem devido à sua moderada inclinação e tendência mais arenosa que argilosa (areia 50,8%, limo 20,0% e argila 29,2%) (RESTREPO URIBE⁴⁷), mas apresenta normalmente uma boa umidade em razão das chuvas mais ou menos periódicas. O substrato do solo pertence à série Tubarão, formação Palmira, composta de tilitos, varvitos e arenitos loes

Quadro 1: Médias mensais e anuais de temperatura, precipitação e umidade relativa do ar da região de Rio Negro, PR (MAACK³³).

MESES	MÉDIAS MENS AIS		
	Temperatura (°C)	Precipitação (mm)	Umidade Relativa (%)
Janeiro	20,3	168,0	84,0
Fevereiro	20,2	133,5	86,0
Março	19,3	107,0	86,0
Abril	16,5	70,5	86,0
Maiο	13,9	96,0	87,0
Junho	12,7	97,5	87,0
Julho	12,1	75,0	85,0
Agosto	13,0	87,0	84,0
Setembro	14,8	117,5	84,0
Outubro	16,2	127,5	85,0
Novembro	18,1	102,5	82,0
Dezembro	19,5	118,5	81,0
Média anual	16,4	1300,5	84,4

sitos (MAACK³³).

Quanto à vegetação natural são encontrados: matas primárias de *Araucaria angustifolia*, matas secundárias com predominância de samambaias e campos limpos com capões e matas ciliares (MAACK³³).

No local do experimento, o reflorestamento está sendo feito principalmente com *Pinus elliottii* Engelm., *Pinus taeda* L., *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze e *Eucalyptus* spp.

O processamento das amostras para determinação do teor de umidade das folhas e do solo foi desenvolvido no Laboratório de Silvicultura do Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da UFPR, enquanto que a extração de oleoresina das folhas foi realizada no Laboratório de Tecnologia Orgânica do Curso de Engenharia Química do Setor de Tecnologia da mesma Universidade.

3.2. ESPÉCIES ESTUDADAS

As espécies utilizadas na pesquisa foram: *Pinus elliottii*, *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia*. A escolha das espécies foi baseada nas seguintes informações:

- a) alta inflamabilidade das copas dos pinheiros, fator essencial para o desenvolvimento de incêndios de copa;
- b) importância econômica das espécies;
- c) informações precárias, no que diz respeito ao teor de oleoresina nas acículas das espécies de *Pinus* estudadas e nenhuma sobre as folhas de *Araucaria angustifolia*.

MOHR* citado por MIROV³⁷, descreveu *Pinus elliottii* como uma árvore da planície costeira da região sub-tropical da América do Norte, na parte leste do rio Mississippi. A sua área de distribuição vai desde a Carolina do Sul ao longo da costa até a Flórida Central e sudeste da Louisiana. Pelo oeste a espécie estende-se ao longo da Costa do Golfo até o vale do rio Pearl no sudeste da Louisiana. Essa espécie ocorre desde o nível do mar até \pm 150 m.

Pinus taeda é originária da planície costeira sudeste e do Piedmont da região sul de Nova Jersey até a Flórida Central (Cabo Malabar), do oeste ao leste do Texas e do norte do Vale do Mississippi até o sudeste de Oklahoma, Arkansas e sul do Tennessee (MIROV³⁷). As localizações do Texas estão separadas da área principal e as árvores são mais resistentes à seca do que aquelas da planície costeira. A ocorrência altitudinal de *Pinus taeda* é do nível do mar até um pouco mais que 450 m (MIROV³⁷).

Araucaria angustifolia é nativa da América do Sul. As maiores e mais densas formações dessa espécie encontram-se no planalto que abrange os três estados sulinos - Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (MATTOS³⁵). Pinheiros esparsos ou formações pequenas e ralas, existem em diversos pontos de São Paulo, sul de Minas Gerais e norte do Rio de Janeiro. Encontra-se, também, esta conífera na República Argentina, a nordeste, no Território de Missões, em lugares com mais de 500 m de altitude, alcançando até mais ou menos 800 m (HERTEL**, citado por MATTOS³⁵).

* MOHR, C. The timber pines of the southern United States. USDA. Div. Forestry Bulletin, n. 13, 1897.

** HERTEL, R.J.G. Estudos sobre *Araucaria angustifolia* - I. B. Inst. Hist. Nat. Curitiba Bot., n.4, s.d. 25 p.

No Brasil, o limite sul da região de *Araucaria* situa-se nos bordos da Serra Geral numa linha leste-oeste, de Torres e Santa Maria, passando por Tainhas, descendo até um pouco ao sul de São Francisco de Paula. Ao sul desta linha existe a flora pluvial da Depressão Central e ao norte, a formação de pinheiros e os campos de Bom Jesus, São Francisco de Paula, Vacaria, Lagoa Vermelha, Carazinho, Passo Fundo, etc, todos com *Araucaria* (MATTOS³⁵).

3.3. ESCOLHA DOS TALHÕES E DAS ÁRVORES

Foram escolhidos os talhões de *Pinus elliottii*, *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia* que apresentavam maior uniformidade, melhor crescimento do fuste e boa distribuição da folhagem nas copas.

Os três talhões foram plantados em 1967 e tinham portanto, na época do início do experimento, 11 anos de idade.

Os povoamentos de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* tinham de 12 a 14 m de altura e de 20 a 45 cm de diâmetro, enquanto que o povoamento de *Araucaria angustifolia* apresentava de 9 a 10 m de altura e de 15 a 25 cm de diâmetro.

A época de brotamento das acículas novas dos *Pinus* se verifica em setembro e a queda das mesmas entre julho e agosto, sendo que *Araucaria* apresenta derrama natural o ano inteiro.

Dentro de cada talhão, distribuídas em círculo, cinco árvores foram devidamente marcadas e numeradas, levando-se em consideração para a escolha das árvores as mesmas exigências observadas na escolha dos povoamentos.

3.4. ANÁLISE DAS FOLHAS

3.4.1. COLETA DAS FOLHAS

As folhas foram coletadas na Estação de Pesquisas Florestais de Rio Negro, duas vezes em cada estação do ano, no período de outubro de 1978 a agosto de 1979, entre os dias 20 e 25 dos meses de outubro/novembro (primavera), janeiro/fevereiro (verão), abril/maio (outono) e julho/agosto (inverno), sempre das mesmas árvores escolhidas de cada ta_lhão.

Para a coleta das folhas de *Araucaria angustifolia* foi utilizado um podão com cabo e emenda e para as acículas de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, a coleta foi feita diretamente no terço médio das copas, com auxílio de um alicate de poda, devido a maior altura das árvores.

Foi obtida uma amostra de cada quadrante para o cálculo do teor de umidade e uma amostra que continha uma média dos quadrantes para a determinação da porcentagem de óleo-resina, perfazendo cinco amostras por árvore. Ao serem coletadas, as folhas eram imediatamente colocadas dentro de sacos de polietileno e vedadas com borracha, sendo em seguida, enviadas aos respectivos laboratórios, onde eram feitos os ensaios para determinação do teor de umidade e oleoresina.

No momento da coleta foram obtidos os dados meteorológicos, ou seja, temperatura média do ar, umidade relativa média do ar e número de dias sem chuva.

3.4.2. DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE DAS FOLHAS

Para a determinação do peso úmido foi utilizada uma

balança analítica do tipo METTLER. As folhas foram pesadas dentro de sacos de polietileno vedados.

Os sacos de polietileno, bem como o material destinado à vedação, foram previamente pesados e os seus respectivos pesos subtraídos do peso úmido obtido das folhas. Após a pesagem, as folhas foram colocadas em estufa Memmert a 105°C durante 24 horas, dentro de placas Petri devidamente etiquetadas. Após esta operação, as amostras ficaram dentro de dessecadores por duas a três horas, ou o tempo necessário para esfriar, sendo então pesadas novamente.

Uma vez obtido o peso úmido e o peso seco das folhas foi determinado o teor de umidade, tendo como base o peso seco, segundo a seguinte relação:

$$TU = \frac{PU - PS}{PS} \times 100$$

onde:

TU: teor de umidade

PU: peso úmido

PS: peso seco

3.4.3. DETERMINAÇÃO DO TEOR DE OLEORESINA DAS FOLHAS

Testes preliminares foram feitos para a determinação do teor de oleoresina, utilizando o aparelho de Soxhlet e eter etílico como solvente. Contudo, este método após os primeiros resultados foi substituído pela extração com álcool etílico 85° a frio (CALVET⁶), juntamente com a técnica de decocção (BÜHRER⁵, VILLAVECCHIA⁶¹), o que proporcionou resultados mais satisfatórios. Procurou-se com a junção das duas métodos

logias, extrair o máximo de oleoresina possível das folhas, reduzindo-as ao final de cada extração a uma palha esbranquiçada (*Pinus elliottii* e *Pinus taeda*) ou marrom descorado (*Araucaria angustifolia*) de celulose.

Verificou-se também, após a obtenção da oleoresina nas placas Petri, que pelo menos uma parte não era solúvel em álcool etílico 85° ou absoluto, tornando-se necessário a aplicação de testes adicionais, para a averiguação da presença ou não de outras substâncias existentes na amostra, como taninos, proteínas e açúcares redutores e não redutores e que não houvessem sido eliminados na fase inicial do processo.

a) Extração com álcool etílico a frio

Este método foi desenvolvido com base na metodologia de CALVET⁶ para a extração de clorofila e oleoresina das folhas verdes.

Inicialmente foram pesadas 10 g de folhas que haviam sido previamente cortadas e secas em estufa durante 24 horas, a uma temperatura nunca superior a 70°C, para não ocorrer a oxidação da resina.

Cada amostra foi então colocada dentro de bechers graduados, devidamente marcados com o nome da espécie e número da árvore correspondente. A seguir, as amostras foram neutralizadas com uma solução diluída de carbonato sódico, depois espremidas e a solução decantada (CALVET⁶). A massa de folhas foi então tratada com álcool etílico 55°, novamente espremiada e a solução novamente decantada.

Primeiramente, esta operação era realizada com o auxílio de uma prensa (CALVET⁶), mas devido à dificuldade de

se recolher as folhas picadas espalhadas pela prensa, passou-se a utilizar uma escumadeira.

O objetivo do tratamento com o carbonato sódico e o álcool 55° foi o de separar as substâncias orgânicas como proteínas, taninos, açúcares redutores e não redutores, fazendo permanecer na massa de folhas, unicamente, a oleoresina e a clorofila (CALVET⁶).

Finalmente as folhas foram então colocadas em álcool 85° a frio, tampadas com uma placa Petri ou papel alumínio e deixadas em repouso por 24 horas, dissolvendo-se a clorofila junto com certa quantidade de oleoresina (CALVET⁶).

CALVET⁶ obteve com este método, a oleoresina e a clorofila separadamente, mas, segundo testes preliminares no laboratório, chegou-se à conclusão de que o método favorecia mais a extração de clorofila das folhas, não sendo a oleoresina totalmente extraída. Desse modo, fez-se necessário, complementar essa metodologia com a extração por decocção.

b) Extração da oleoresina por decocção

Esse processo emprega-se quando o material a extrair não se dissolve facilmente e não tenha importância o seu aquecimento prolongado com o solvente utilizado (BÜHRER⁵).

Portanto, após as 24 horas em álcool 85°, 10g da amostra foram fervidos por meia hora (78,4°C), sendo o álcool 85° juntamente com certa quantidade de oleoresina e clorofila decantado. Essa solução foi decantada em frascos devidamente marcados com os respectivos números das amostras. Repetiu-se a extração das folhas por duas a três vezes até que não hou

vesse mais coloração na solução, renovando-se o solvente, 100 ml de cada vez, para que o mesmo sempre agisse no estado puro (BÜHRER⁵, VILLAVECCHIA⁶¹).

As soluções contidas nos frascos eram concentradas até 100 ml e esperava-se esfriar para se tratar cada amostra com carvão ativado, numa proporção de 15 g por litro (CALVET⁶), ou seja, 1,5 g por 100 ml, para em seguida filtrar.

A clorofila ficou adsorvida no carvão ativado e a solução alcoólica contendo a oleoresina (breu ou colofônia e terpentina), obteve-se no filtrado.

A solução alcoólica filtrada foi evaporada lentamente em banho maria, em placas de Petri previamente numeradas, secas em estufa a 100°C, colocadas em dessecador por 2 horas e pesadas em balança analítica do tipo METTLER. O resíduo obtido nas placas Petri era um líquido viscoso de coloração marrom claro e de odor característico, ou mais propriamente, a resina ou "oleoresina".

O peso da placa Petri vazia foi subtraído do peso da placa Petri contendo oleoresina e a diferença dos pesos era a quantidade de oleoresina em gramas (VILLAVECCHIA⁶¹).

Para se obter a clorofila, tratou-se o carvão ativado, que ficou no papel filtro, com éter etílico que dissolveu essa substância (CALVET⁶).

Ao evaporar em banho maria a solução etérea filtrada, obteve-se a clorofila, que se cristalizou após o tratamento e evaporação lenta de uma mistura de álcool absoluto e éter (CALVET⁶).

Depois de efetuada a pesagem das placas Petri contendo oleoresina, as mesmas eram colocadas em álcool etílico ab

soluto por, aproximadamente, 15 horas e fervidas com o solvente durante meia hora.

Observou-se, no entanto, que dentro das placas de Petri, permanecia um resíduo de cor marrom esbranquiçada, insolúvel em álcool e facilmente solúvel em água destilada. As amostras foram, então, submetidas aos testes para a dosagem do tanino, açúcares redutores e não redutores.

3.4.4. DETERMINAÇÃO DO TEOR DE TANINO

Para a determinação quantitativa do tanino nas amostras foi utilizado o método de Fleck, ou seja, o método gravimétrico. Este método baseia-se na propriedade que tem o acetato de cobre de precipitar o tanino sob a forma de aceto-tanato de cobre, que, sendo calcinado, transforma-se em óxido de cobre, que corresponde a uma determinada quantidade de tanino. Uma parte de óxido de cobre corresponde, este quiometricamente, a 1,3 partes de tanino (BÜHRER⁴).

a) Metodologia

Inicialmente, as placas Petri com o resíduo insolúvel em álcool foram pesadas em balança analítica de precisão do tipo Mettler, para se determinar o total em gramas da substância a ser testada, sendo que o peso da placa vazia já havia sido obtido no cálculo da oleoresina.

Em seguida, o resíduo existente nas placas foi totalmente solubilizado em água destilada, sendo as soluções completadas até 100 ml e colocadas em bechers graduados que

continham o número de cada amostra.

Tomou-se, então, 25 ml de cada solução, que foram colocados em outros bechers numerados e adicionou-se 25 ml de uma solução a 5% de acetato de cobre. Cada amostra foi então levemente aquecida e deixada em repouso durante 2 horas.

A seguir, notou-se a existência do tanino pela ocorrência de um precipitado sob a forma de aceto-tanato de cobre.

As soluções foram filtradas em papel quantitativo, lavando-se bem o precipitado com água destilada. Os filtros foram secos e calcinados em cadinhos de porcelana marcados, previamente pesados e colocados em dessecador (BÜHRER⁴). Para calcinar os filtros foi utilizada a MUFLA a 800°C.

b) Cálculo da porcentagem de tanino

Para fazer o cálculo da porcentagem de tanino, denominou-se a solução a ser analisada de "solução-teste". A sequência dos cálculos foi a seguinte (BÜHRER⁴):

i) Obtenção do resíduo de 10 g da amostra, pela diferença do peso da placa contendo o resíduo, após a retirada da oleoresina e o peso da placa vazia, previamente seca em estufa.

ii) Quantidade de resíduo solúvel em água para 100 g da amostra.

iii) Cálculo das cinzas, isto é, do óxido de cobre existente nos cadinhos, o que também foi feito pela diferença do peso do cadinho com o óxido de cobre e o peso do cadinho vazio, previamente seco em estufa.

iv) Cálculo do teor de tanino, multiplicando o peso das cinzas pelo fator 1,3.

v) Quantidade (g) do resíduo contido em 25 ml da "solução-teste".

vi) Porcentagem de tanino em 100 g do resíduo.

vii) Porcentagem de tanino final em 100 g de folhas secas, relacionando a porcentagem de tanino existente em 100 g do resíduo com a quantidade de resíduo da "solução - teste" (ii).

3.4.5. DETERMINAÇÃO DOS AÇÚCARES REDUTORES E NÃO REDUTORES

Conforme foi visto na pesquisa anterior, dos 100 ml da solução inicial, 25 ml foram usados para o tanino, ficando 75 ml para a determinação dos açúcares. Cada solução, contendo 75 ml, foi então, completada até 100 ml com água destilada, sendo 50 ml para a pesquisa dos açúcares redutores e os 50 ml restantes, após a hidrólise, completados novamente até 100 ml e utilizados na pesquisa dos açúcares não redutores.

O preparo das soluções foi repetido dessa forma até o processamento das amostras da 4.^a coleta, ou seja, fevereiro de 1979, quando então, passou-se a completar os 75 ml restantes com 200 ml de água destilada, deixando-se 100 ml para a determinação dos açúcares redutores e não redutores, sendo a porcentagem final encontrada, tanto de açúcares redutores, como de açúcares não redutores multiplicada por 2.

Ocasionalmente, quando as amostras preparadas não eram processadas imediatamente, ficavam congeladas a -05° C

durante a noite, a fim de evitar as fermentações, o que causaria uma alteração no teor de açúcar. Normalmente eram congeladas as últimas amostras a serem processadas, isto é, as destinadas à pesquisa dos açúcares não redutores.

3.4.5.1. DETERMINAÇÃO DOS AÇÚCARES REDUTORES

Açúcares redutores são os glicídios que reduzem diretamente o licor de Fehling (BÜHRER⁴).

As soluções (A e B) de Fehling, foram preparadas, segundo as fórmulas (BÜHRER⁴):

Solução A: 34,67 gramas de $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ (sulfato de cobre cristalizado) foram dissolvidas em 400 ml de água, sendo o volume completado até 500 ml em um balão aferido.

Solução B: foram dissolvidos 60 gramas de NaOH (hidróxido de sódio) em 200 ml de água. De outro lado, dissolveram-se em 200 ml de água, 173 gramas de sal de Seignette (tartarato duplo de sódio e potássio). Juntaram-se essas duas soluções e completou-se 500 ml com água em um balão aferido.

Uma vez terminada a preparação das soluções a serem testadas, as mesmas foram filtradas e colocadas em uma bureta graduada (50 ml), e num erlenmeyer colocou-se 1 ml da solução A e 1 ml da solução B e mais 10 ml de água destilada, obtendo-se uma coloração azul intensa.

Sobre uma tela de amianto, essa solução foi levada à ebulição com constante agitação. Uma vez iniciada a ebulição, foi gotejada lentamente a solução da bureta, a fim de reduzir gradativamente o licor de Fehling, que se transformou em Cu_2O (óxido de cobre vermelho) que é um pó finíssimo

(BÜHRER⁴).

À medida que o final da titulação se aproximava, o líquido antes azul forte deveria ficar semelhante à cor inicial da solução (BÜHRER⁴), ou, amarelo claro, mas, mesmo utilizando-se um excesso da solução, tal não aconteceu, dada a pequena porcentagem de açúcar redutor existente nas amostras ou da ocorrência de outras substâncias além dos açúcares, como os taninos, o que tornava as soluções pouco límpidas.

Recorreu-se também à reação de toque. Para isso, por meio de um bastão de vidro, foi tomada uma gota de líquido do erlenmeyer, a qual foi colocada sobre um papel filtro e acidulada por uma gota de ácido acético, onde foi pesquisado o íon cobre por meio de uma gota de ferrocianeto de potássio (BÜHRER⁴). Uma coloração marrom forte indicava a presença do íon cobre. Juntava-se mais solução de açúcar até que a reação fosse negativa (BÜHRER⁴), o que não aconteceu, presume-se, pela quantidade de açúcares redutores ser muito pequena.

Finalmente, em face dos resultados obtidos, em vez do método volumétrico utilizou-se para a determinação do açúcar redutor existente nas placas de oleoresina, o método ponderal ou gravimétrico, que se baseia na redução do cobre da solução de Fehling pelo açúcar redutor, produzindo o precipitado de óxido de cobre (Cu_2O), que depois de filtrado, lavado e seco, foi finalmente pesado (BÜHRER⁴).

Juntou-se então, a solução ao licor de Fehling, até não haver mais formação do precipitado de óxido de cobre, o que foi confirmado pela pesagem do papel filtro com o precipitado, até peso constante (BÜHRER⁴).

Antes de iniciar o processo, os papéis filtro utilizados para a filtragem das soluções testadas, também foram previamente colocados em estufa a 70°C, deixados no dessecador por 2 horas e pesados em balança analítica de precisão.

Para o cálculo do açúcar redutor a seqüência foi a seguinte:

i) Total em gramas de Cu_2O (óxido de cobre vermelho), obtido pela diferença de peso entre o papel filtro contendo o precipitado vermelho de óxido de cobre e o papel filtro vazio;

ii) Mililitros da solução testada gastos na titulação;

iii) A quantidade de óxido de cobre foi transformada em cobre metálico. Esta relação pode ser feita por hidrogenação, isto é:



conforme testes feitos no laboratório, mas concluiu-se que, com quantidades tão pequenas de açúcar, o processo não compensaria. Neste caso, multiplicou-se o resultado do óxido de cobre obtido pelo fator 0,88, cuja possibilidade de erro é mínima em relação à hidrogenação, o qual foi encontrado dividindo-se o equivalente do Cu^{++} pelo equivalente do óxido de cobre;

iv) O açúcar redutor presente na solução foi deduzido de cobre metálico, segundo tabela correspondente à açúcares redutores (VILLAVECCHIA⁶¹), sendo que para isso, a quantidade de de cobre metálico encontrada nas amostras teve que ser transformada em miligramas, obtendo-se a quantidade de açúcar redutor em miligramas nos mililitros gastos na titulação;

v) Miligramas de açúcar redutor em 100 ml da solução testada;

vi) Os miligramas de açúcar redutor obtidos foram transformados em gramas;

vii) Para encontrar a porcentagem final de açúcar redutor, calculou-se o teor dos mesmos em 100 g de folhas secas, tomando-se como base a quantidade de resíduo inicial para 100 g da amostra (ii do cálculo do tanino).

3.4.5.2. DETERMINAÇÃO DO AÇÚCAR NÃO REDUTOR

Para determinação dos açúcares não redutores, foi utilizado o mesmo método dos açúcares redutores, ou seja, o método ponderal ou gravimétrico, tornando-se necessário, neste caso, fazer a sua inversão, isto é, a hidrólise em meio ácido, a fim de transformá-lo em açúcar redutor (BÜHRER⁴).

Procedeu-se da seguinte forma: aos 50 ml restantes da solução inicial, juntou-se 10 gotas de HCl concentrado, fervendo-se a solução por 10 minutos. Logo após, resfriou-se rapidamente sob jato de água fria, adicionando hidróxido de sódio, até a solução tornar-se levemente alcalina, o que pode ser verificado com papel de fenolftaleína. Em seguida, completou-se o volume de 100 ml com água destilada. A solução assim preparada foi colocada na bureta graduada e dosou-se o açúcar de forma idêntica à já descrita anteriormente para os açúcares redutores (BÜHRER⁴).

Os cálculos para determinação dos açúcares não redutores são semelhantes aos realizados para os açúcares redutores, com as seguintes diferenças:

i) O total dos ml gastos na precipitação do Cu_2O do licor de Fehling das coletas de primavera e verão, foi dividido por 2, uma vez que a pesquisa foi desenvolvida com apenas 50 ml da solução inicial e não 100 ml como nos açúcares redutores;

ii) O açúcar presente na solução foi deduzido do cobre metálico, segundo tabela correspondente a açúcares não redutores (VILLAVECCHIA⁶²);

iii) Do resultado obtido, subtraiu-se o teor encontrado de açúcares redutores e multiplicou-se por 0,95, para se obter a porcentagem em açúcares não redutores, isto é dividindo-se a massa molecular do açúcar antes da inversão pela mesma depois da inversão (BÜHRER⁴).

3.4.6. DETERMINAÇÃO DE PROTEÍNAS

Amostras adicionais foram utilizadas para a verificação da existência de proteínas. O teste foi efetuado com o resíduo solúvel em água destilada, obtido das placas de oleoresina, o mesmo utilizado para a determinação do tanino e dos açúcares redutores e não redutores.

Foi feito apenas o teste qualitativo, no qual uma porção do resíduo foi colocada dentro de um cadinho de porcelana para calcinar em bico de bunsen, sendo a existência ou não de proteínas, evidenciada pelo odor característico despreendido da substância, segundo o qual concluiu-se existirem quantidades mínimas de proteína na amostra, que foram consideradas desprezíveis. Dessa forma, não foi realizado o teste quantitativo.

3.4.7. PORCENTAGEM FINAL DE OLEORESINA

A porcentagem final de oleoresina (breu ou colofônia + terebentina) foi obtida, subtraindo-se do cálculo inicial da oleoresina, a porcentagem encontrada de tanino e açúcares redutores, sendo a porcentagem de açúcares não redutores desprezada, uma vez que o açúcar obtido através da hidrólise da solução era, provavelmente, a glicose que se encontrava ligada à molécula do ácido tânico (CALVET⁶), sendo isolada pela ação do ácido.

Sendo assim, essa porcentagem de açúcares não redutores já havia sido subtraída da porcentagem de oleoresina, juntamente com o tanino.

3.5. ANÁLISE DO SOLO

3.5.1. COLETA DAS AMOSTRAS

As amostras de solo foram coletadas ao mesmo tempo que as amostras das folhas. A coleta foi feita em três locais diferentes de cada povoamento, sendo que de cada local foram retiradas três amostras, respectivamente, a 20 cm, 60 cm e a 1 m de profundidade.

Utilizou-se para esta operação um trado, devidamente marcado, com as respectivas profundidades.

Como as folhas, as amostras coletadas do solo foram colocadas em sacos de polietileno, imediatamente vedadas com borracha e trazidas para o laboratório, para que fossem pesadas.

3.5.2. DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE DO SOLO

Ao chegarem ao laboratório, as amostras foram pesadas em uma balança analítica do tipo METTLER, com os respectivos sacos de polietileno e a borracha, os quais, tinham sido previamente pesados, sendo seu peso deduzido do peso úmido obtido das amostras.

O processamento das amostras, como também o cálculo do teor de umidade, foi semelhante ao das folhas, com a mesma seqüência e os mesmos cuidados, usando-se sempre, nas análises posteriores, as médias das três amostras de cada profundidade.

3.6. DADOS METEOROLÓGICOS

Os dados referentes a umidade relativa do ar, temperatura e número de dias sem chuva, foram obtidos na Estação Meteorológica da Fazenda Experimental de Rio Negro, sendo utilizado para as medições da temperatura e umidade relativa do ar um termohigrógrafo.

A média da temperatura e umidade relativa do ar do dia das respectivas coletas foi feita utilizando-se a fórmula:

$$M_p = \frac{7h + 14h + 2 \times 21H}{4}$$

sendo que para a média mensal tomaram-se os dados do diagrama feito pelo termohigrógrafo, de duas em duas horas, durante os meses escolhidos de cada estação. O número de dias sem chuva antes de cada coleta foi estimado diretamente através dos dados de precipitação.

3.7. DELINEAMENTO ESTATÍSTICO

Para testar a hipótese nula da não diferença entre o teor de umidade e oleoresina das folhas das três espécies, nas diferentes estações do ano, foi utilizado um delineamento, completamente ao acaso, com sub-amostras. As estações do ano foram os tratamentos, sendo T_1 (primavera), T_2 (verão), T_3 (outono) e T_4 (inverno), as árvores as repetições (cinco) e as folhas as sub-amostras. Foi feita a média das duas coletas para cada estação do ano e a média dos quadrantes para cada árvore.

A fim de homogeneizar as variâncias e normalizar sua distribuição, os dados obtidos para umidade foram transformados na função angular $\text{arc sen} \sqrt{\% \text{ de umidade}}$, adequada para amplitudes maiores, sendo o 100 subtraído de cada dado antes da transformação (STEEL & TORRIE⁵⁴).

Os dados da porcentagem de oleoresina, por sua vez, foram transformados em $\sqrt{\% \text{ de oleoresina} + 1/2}$, que é a mais apropriada transformação quando valores pequenos são envolvidos e, sobretudo, se alguns deles forem menores que 10 (STEEL & TORRIE⁵⁴).

Foi feita uma análise de variância para comparar as médias dos teores de umidade e oleoresina das folhas, das três espécies, no decorrer do ano, usando-se o teste F, onde os tratamentos foram as espécies e as coletas do ano as repetições.

A diferença entre as médias dos diferentes tratamentos foi comparada através do teste SNK, ao nível de 95% de probabilidade.

Investigou-se também a existência de correlações entre as seguintes variáveis:

- X_1 = Teor de umidade das folhas
- X_2 = Teor de oleoresina das folhas
- X_3 = Teor de umidade do solo a 20 cm de profundidade
- X_4 = Teor de umidade do solo a 60 cm de profundidade
- X_5 = Teor de umidade do solo a 100 cm de profundidade
- X_6 = Umidade relativa do ar
- X_7 = Temperatura do ar
- X_8 = Número de dias sem chuva

Esta análise de correlação foi feita de 4 maneiras diferentes, assim distribuídas:

Teste A - correlação entre os teores médios de umidade e oleoresina de cada coleta (X_1 e X_2), umidade do solo (X_3 , X_4 e X_5) e número de dias sem chuva (X_8).

Teste B - correlação entre as mesmas médias de X_1 , X_2 , X_3 , X_4 , X_5 e X_8 com as médias dos dados meteorológicos (X_6 e X_7) obtidos neste mesmo dia.

Teste C - correlação entre as mesmas médias X_1 , X_2 , X_3 , X_4 , X_5 e X_8 com as médias mensais de X_6 e X_7 e estas entre si, sendo que, para todos estes casos, para a variável X_8 , tomou-se sempre o número de dias sem chuva antes de cada coleta.

Teste D - correlação entre as médias de todas as variáveis, exceto X_8 , por estação do ano.

Usou-se para a análise de correlação um pacote de regressão múltipla para computador Hp 9830 A.

4. RESULTADOS

Os resultados básicos do trabalho, porcentagem de umidade e oleoresina das acículas, umidade do solo e dados meteorológicos, que serviram de base para as análises apresentadas, encontram-se discriminados no Apêndice (Quadros 35 a 42).

4.1. UMIDADE DAS ACÍCULAS

4.1.1. TEOR DE UMIDADE DAS ACÍCULAS DE *Pinus elliottii*

A análise de variância (Quadro 2), demonstrou haver uma diferença significativa entre os tratamentos, isto é, no teor de umidade das acículas desta espécie durante as estações do ano.

No teste SNK para comparar as médias dos diversos tratamentos (Quadro 3) observou-se que a média do tratamento T_4 diferenciou-se significativamente dos demais tratamentos; a média do tratamento T_1 também se diferenciou significativamente da média do T_2 ; e a média do tratamento T_3 não se diferenciou das médias dos tratamentos T_1 e T_2 .

A Fig. 1 mostra a variação do teor de umidade nas acículas desta espécie durante as estações do ano, evidenciando-se a baixa umidade durante o mês de julho em relação as demais estações do ano, como também o acréscimo de umidade nas acículas no início da estação de crescimento e meados de outono.

Quadro 2 - Análise da variância do teor de umidade, das acículas de *Pinus elliottii* durante as estações do ano.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	216,00	72,00	10,15 *
Erro	16	113,58	7,09	
Total	19	329,58		

Quadro 3 - Teste SNK referente à comparação das médias de umidade, das acículas de *Pinus elliottii* durante as estações do ano.

Tratamentos	T ₁ (primavera)	T ₃ (outono)	T ₂ (verão)	T ₄ (inverno)
Médias	50,74	47,89	46,25	41,68
T ₁	-	n.s	*	*
T ₃		-	n.s	*
T ₂			-	*
T ₄				-

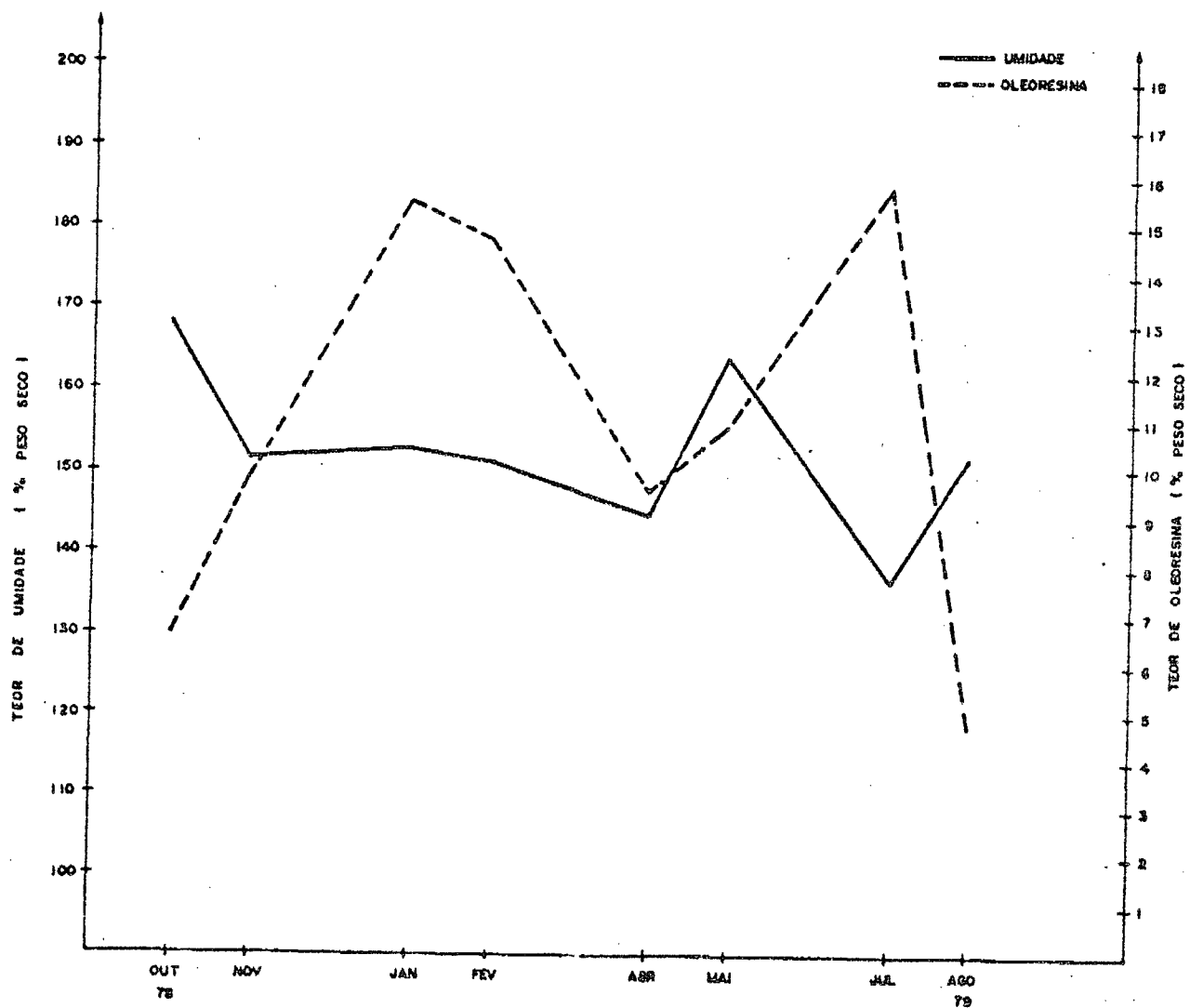


Figura 1: Variação do teor de umidade e oleoresina na folhagem de *Pinus elliottii* durante as estações do ano.

4.1.2. TEOR DE UMIDADE NAS ACÍCULAS DE *Pinus taeda*

A análise de variância, resumida no Quadro 4, revelou a existência de uma diferença estatística significativa entre as estações do ano, no que diz respeito ao teor de umidade nas acículas dessa espécie.

Ao se comparar as médias desses tratamentos, como mostra o Quadro 5, verificou-se que a média do tratamento T₁ diferenciou-se significativamente das médias dos demais tratamentos e que as médias dos tratamentos T₂, T₃ e T₄ não se diferenciaram entre si.

Esses resultados podem ser melhor visualizados através da Fig. 2, que apresenta a variação da porcentagem de umidade nas acículas durante as estações do ano, destacando-se a umidade na primavera, que revelou ser a mais alta para esta espécie.

Quadro 4 - Análise de variância do teor de umidade, das acículas de *Pinus taeda* durante as estações do ano.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	381,27	127,09	4,06 *
Erro	16	500,78	31,29	
Total	19	882,05		

Quadro 5 - Teste SNK referente à comparação das médias de umidade, das acículas de *Pinus taeda*, durante as estações do ano.

Tratamentos	T ₁ (primavera)	T ₂ (verão)	T ₃ (outono)	T ₄ (inverno)
Médias	46,73	38,36	36,49	35,80
T ₁	-	*	*	*
T ₂		-	n.s	n.s
T ₃			-	n.s
T ₄				-

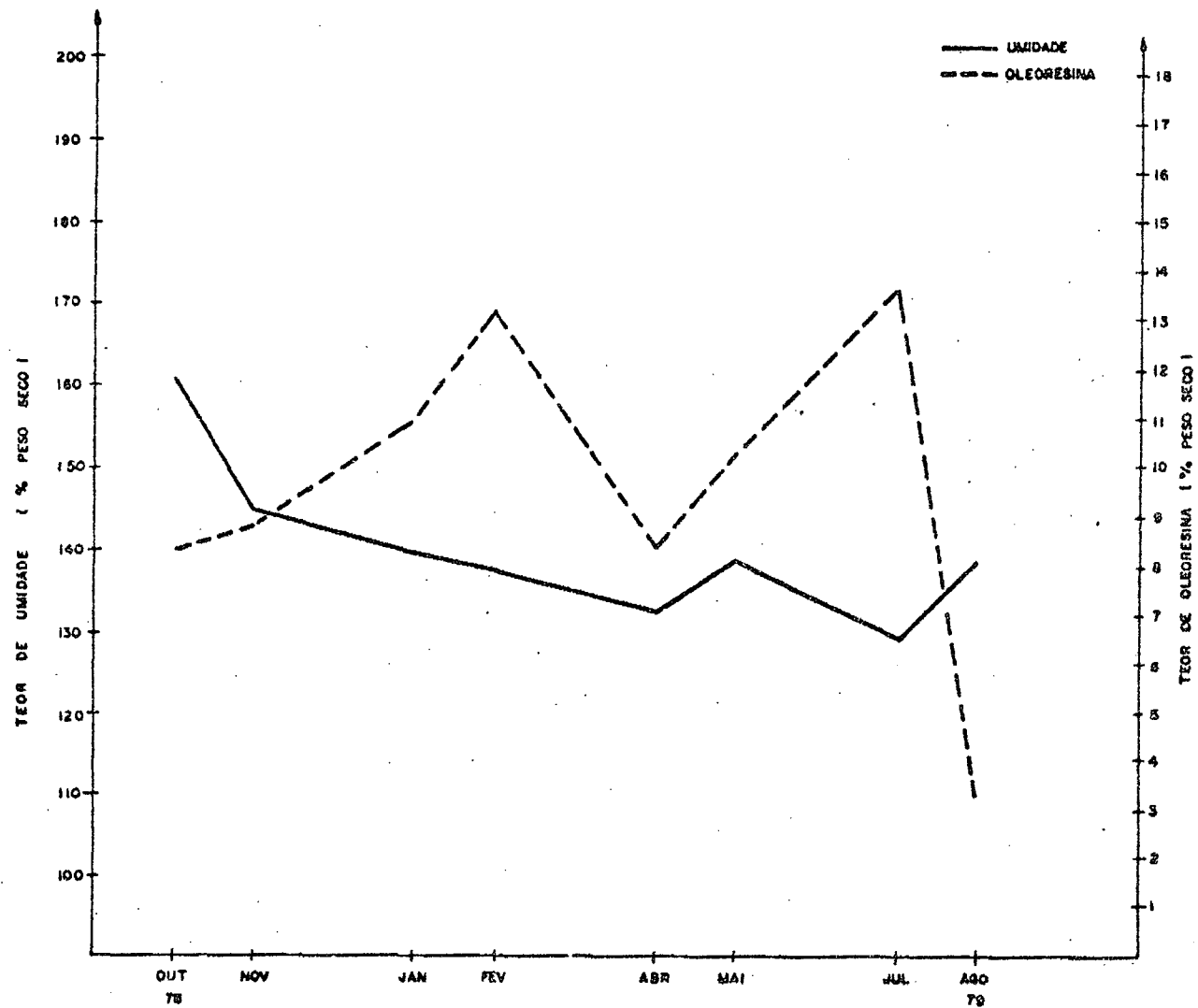


Figura 2: Variação do teor de umidade e oleoresina na folhagem de *Pinus taeda* durante as estações do ano.

4.1.3. TEOR DE UMIDADE NAS FOLHAS DE *Araucaria angustifolia*

A análise da variância dos resultados, apresentada no Quadro 6, revelou não haver diferença estatística significativa ao nível de 95% de probabilidade, entre os tratamentos, ou seja, o teor de umidade nas folhas desta espécie, permanece sem mudanças significativas no decorrer do ano.

A Fig. 3, mostra a variação da porcentagem de umidade nas acículas, durante as estações do ano, verificando-se certa homogeneidade entre os tratamentos.

Quadro 6 - Análise da variância do teor de umidade, das folhas de *Araucaria angustifolia* durante as estações do ano.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	129,66	43,22	0,93 n.s
Erro	16	737,42	46,08	
Total	19	867,08		

4.1.4. COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DE UMIDADE PARA AS TRÊS ESPÉCIES

A análise da variância, apresentada no Quadro 7, revelou haver diferenças estatísticas significativas, entre as espécies, no que diz respeito, ao teor de umidade nas acículas no decorrer do ano.

A comparação entre as médias, através do teste SNK (Quadro 8), mostrou que a média do teor de umidade das acícu

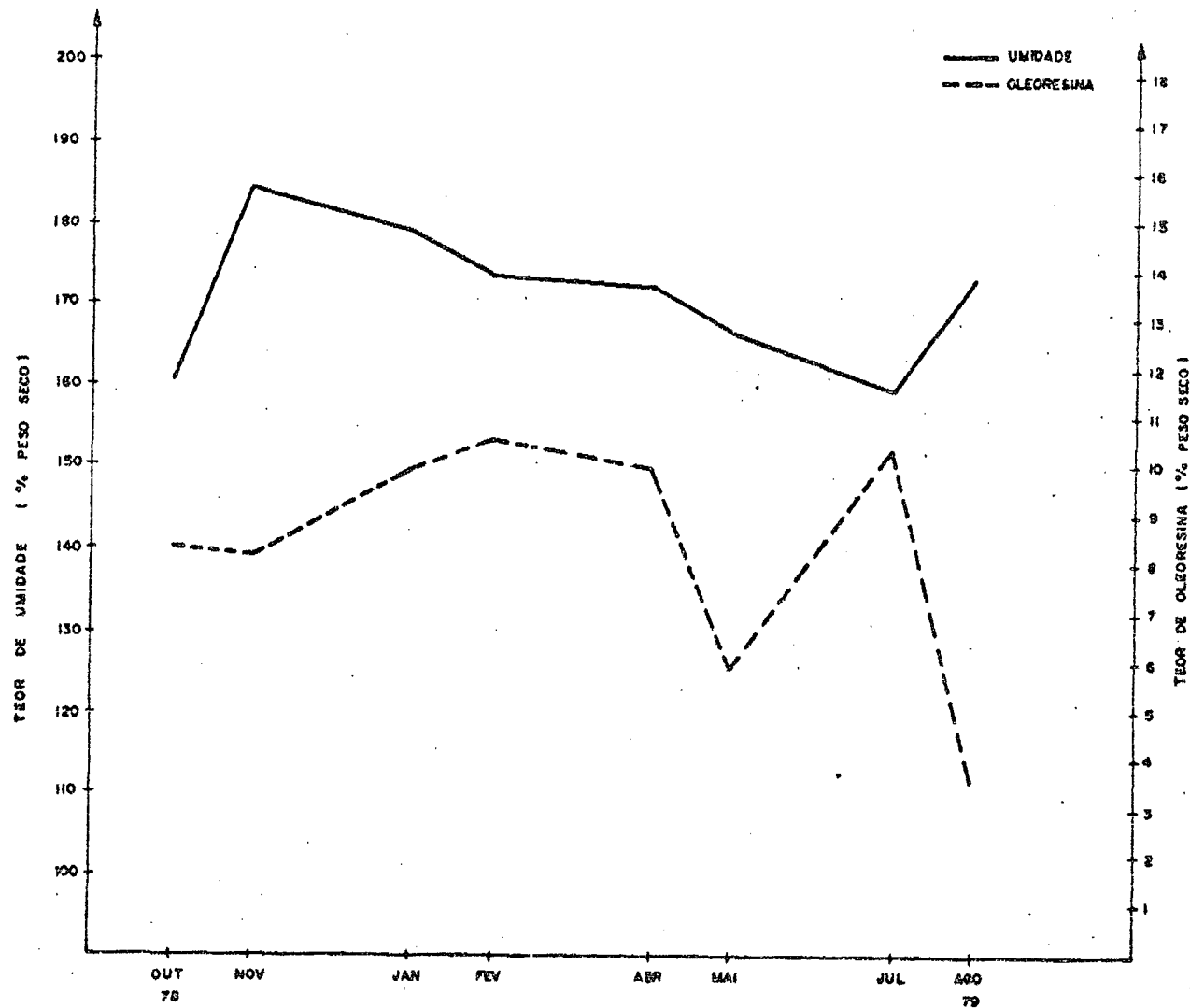


Figura 3: Variação do teor de umidade e oleoresina na folhagem de *Araucaria angustifolia* durante as estações do ano.

Quadro 7 - Análise da variância da comparação entre as médias de umidade para as três espécies (*Pinus elliottii*, *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia*), no decorrer do ano.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	1365,70	682,85	21,63 *
Erro	21	662,81	31,56	
Total	23	2028,51		

Quadro 8 - Teste SNK referente à comparação das médias da porcentagem de umidade, na folhagem de *Pinus elliottii* (T₁), *Pinus taeda* (T₂) e *Araucaria angustifolia* (T₃), no decorrer do ano.

Tratamentos	T ₃	T ₁	T ₂
Médias	57,76	46,72	39,40
T ₃	-	n.s	*
T ₁		-	n.s
T ₂			-

las de *Pinus taeda*, diferenciou-se significativamente da média do teor de umidade das folhas de *Araucaria angustifolia*, enquanto que a média do teor de umidade das acículas de *Pinus elliottii* não se diferenciou das médias do teor de umidade da folhagem de *Pinus taeda* e de *Araucaria angustifolia*, no decorrer do ano.

A Fig. 4 mostra as tendências de umidade durante o ano para as três espécies, verificando-se que *Araucaria angustifolia*, após um máximo de umidade no final da primavera começa a decrescer gradativamente até o inverno, sofrendo novamente um acréscimo em agosto. No entanto, para as espécies de *Pinus*, em algumas estações, ocorreu exatamente o inverso. Após o decréscimo verificado em julho e o acréscimo em agosto, como em *Araucaria*, observou-se um decréscimo no teor de umidade em novembro, que se estendeu até abril, verificando-se um novo acréscimo em maio. Apesar de *Pinus elliottii* apresentar um maior teor de umidade nas acículas durante o ano, em relação a *Pinus taeda*, observou-se uma similaridade na variações estacional para essas duas espécies.

4.2. OLEORESINA DAS ACÍCULAS

4.2.1. TEOR DE OLEORESINA NAS ACÍCULAS DE *Pinus elliottii*

A análise de variância, resumida no Quadro 9, demonstrou haver diferença estatística significativa entre os tratamentos, ou seja, no teor de oleoresina das acículas durante as estações do ano.

Ao se aplicar o teste SNK para a comparação das médias

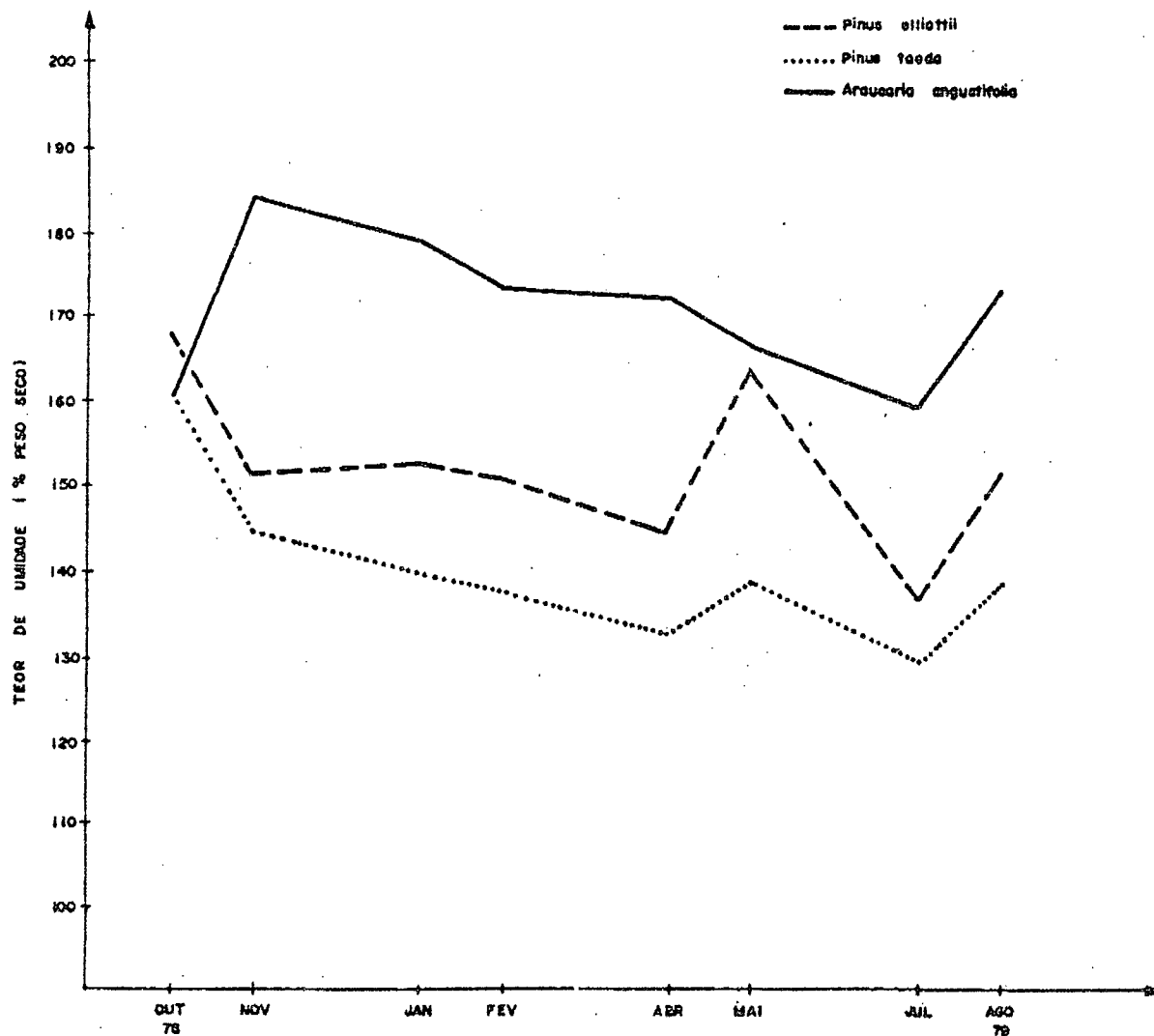


Figura 4: Variação do teor de umidade na folhagem de *Pinus elliottii*, *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia* no decorrer do ano.

dos tratamentos (Quadro 10) encontrou-se que o teor de oleoresina nas acículas no verão (média do tratamento T₂), apresenta uma diferença significativa em relação às demais estações do ano (médias dos tratamentos T₁, T₃ e T₄), sendo que estas não apresentaram diferenças estatísticas entre si.

Quadro 9 - Análise da variância da porcentagem de oleoresina, das acículas de *Pinus elliottii* durante as estações do ano.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	2,60	0,86	14,33 *
Erro	16	1,01	0,06	
Total	19	3,61		

Quadro 10 - Teste SNK referente à comparação das médias de oleoresina, das acículas de *Pinus elliottii* durante as estações do ano.

Tratamentos	T ₂ (verão)	T ₄ (inverno)	T ₃ (outono)	T ₁ (primavera)
Médias	3,94	3,27	3,27	2,95
T ₂	-	*	*	*
T ₄		-	n.s	n.s
T ₃			-	n.s
T ₁				-

A Fig. 1 mostra a variação do teor de oleoresina nas

acículas de *Pinus elliottii* durante as estações do ano, observando-se a diferença entre a porcentagem de oleoresina no verão, como também no mês de julho, em relação aos demais meses do ano.

4.2.2. TEOR DE OLEORESINA NAS ACÍCULAS DE *Pinus taeda*

A análise de variância (Quadro 11) revelou a existência de diferenças significativas entre os tratamentos.

Comparando-se as médias desses tratamentos (Quadro 12) verificou-se que apenas a média do T₂ diferenciou-se das demais médias, as quais não se diferenciaram entre si.

A Fig. 2, apresenta a variação do teor de oleoresina nas acículas dessa espécie no decorrer do ano, evidenciando-se dois picos, nos meses de fevereiro e julho.

Quadro 11 - Análise da variância da porcentagem de oleoresina, das acículas de *Pinus taeda* durante as estações do ano.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	1,01	0,33	8,25 *
Erro	16	0,66	0,44	
Total	19	1,67		

Quadro 12 - Teste SNK referente à comparação das médias de oleoresina, das acículas de *Pinus taeda* durante as estações do ano.

Tratamentos	T ₂ (verão)	T ₃ (outono)	T ₁ (primavera)	T ₄ (inverno)
Médias	3,53	3,11	3,00	2,98
T ₂	-	*	*	*
T ₃		-	n.s	n.s
T ₁			-	n.s
T ₄				-

4.2.3. TEOR DE OLEORESINA NAS FOLHAS DE *Araucária angustifolia*

Através da análise da variância, apresentada no Quadro 13, verificou-se que houve diferença significativa entre os tratamentos.

A aplicação do teste SNK (Quadro 14), para a comparação das médias dos diversos tratamentos, mostrou que a média do tratamento T₂ diferenciou-se significativamente, das demais médias, as quais se diferenciaram entre si.

A Fig. 3, apresenta a variação do teor de oleoresina nas folhas dessa espécie no decorrer do ano, verificando-se um acréscimo gradual durante o verão e outro no mês de julho.

Quadro 13 - Análise da variância da porcentagem de oleoresina, nas folhas de *Araucaria angustifolia* durante as estações do ano.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	0,79	0,26	8,66 *
Erro	16	0,61	0,03	
Total	19	1,40		

Quadro 14 - Teste SNK referente à comparação das médias de oleoresina, das folhas de *Araucaria angustifolia* durante as estações do ano.

Tratamentos	T ₂ (verão)	T ₁ (primavera)	T ₃ (outono)	T ₄ (inverno)
Médias	3,26	2,95	2,89	2,71
T ₂	-	*	*	*
T ₁		-	n.s	n.s
T ₃			-	n.s
T ₄				-

4.2.4. COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DE OLEORESINA NA FOLHAGEM DAS TRÊS ESPÉCIES

A comparação das médias de oleoresina na folhagem de *Pinus elliottii*, *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia* foi feita através do teste F. A análise de variância dos resultados, apresentada no Quadro 15, revelou não haver diferença significativa entre as três espécies, no entanto, comparando-se as médias do teor de oleoresina na folhagem das três espécies em cada estação do ano, observou-se que a diferença entre elas não foi significativa, durante a primavera (Quadro 16), outono (Quadro 17) e inverno (Quadro 18), sendo significativa apenas no verão (Quadro 19).

Ao se aplicar o teste SNK (Quadro 20) para comparação das médias, constatou-se que o teor de oleoresina nas acículas de *Pinus elliottii*, durante o verão, diferenciou-se do teor de oleoresina nas folhas de *Araucaria angustifolia*, sendo que a diferença entre o teor de oleoresina nas acículas de *Pinus taeda* e as outras duas espécies não foi significativa.

A Fig. 5 mostra a variação do teor de oleoresina na folhagem das três espécies estudadas, ou seja, *Pinus elliottii*, *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia* no decorrer do ano, observando-se a superioridade de *Pinus elliottii* sobre as outras duas espécies.

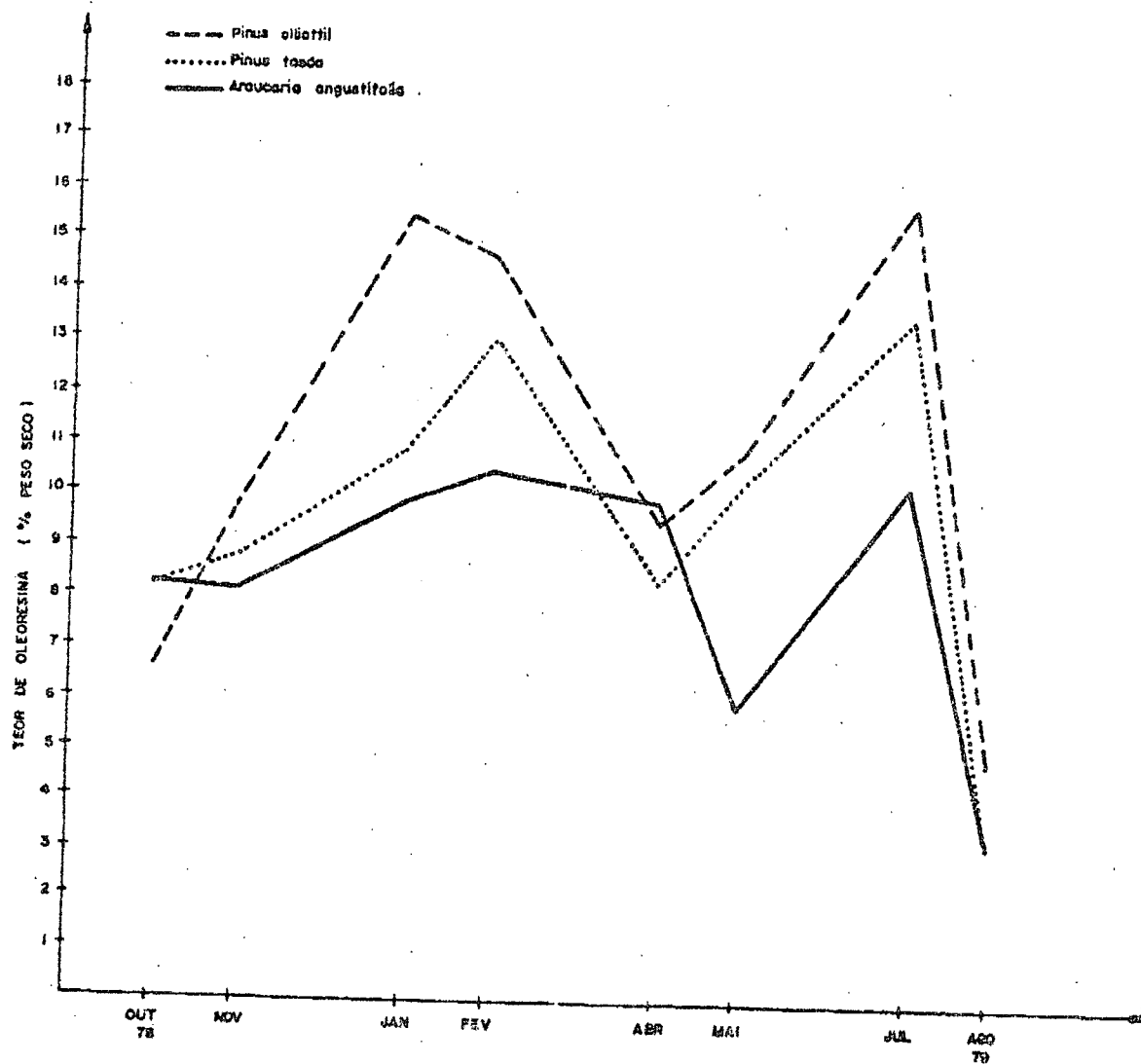


Figura 5: Variação do teor de oleoresina na folhagem de *Pinus elliottii*, *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia* ao decorrer do ano.

Quadro 15 - Análise da variância para comparação das médias de oleoresina na folhagem de *Pinus elliottii*, *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia* no decorrer do ano.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	0,62	0,31	1,00 n.s
Erro	21	6,59	0,31	
Total	23	7,21		

Quadro 16 - Análise da variância para comparação das médias de oleoresina, na folhagem de *Pinus elliottii*, *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia*, na primavera.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	0,003	0,001	0,02 n.s
Erro	3	0,143	0,047	
Total	5	0,146		

Quadro 17 - Análise da variância para comparação das médias de oleoresina, na folhagem de *Pinus elliottii*, *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia*, no outono.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	0,15	0,07	0,70 n.s
Erro	3	0,31	0,10	
Total	5	0,46		

Quadro 18 - Análise da variância para a comparação das médias de oleoresina, na folhagem de *Pinus elliottii*, *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia*, no inverno.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	0,27	0,13	0,09 n.s
Erro	3	4,02	1,34	
Total	5	4,29		

Quadro 19 - Análise da variância para a comparação das médias de oleoresina, na folhagem de *Pinus elliottii*, *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia*, no verão.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	0,46	0,23	11,5 *
Erro	3	0,06	0,02	
Total	5	0,52		

Quadro 20 - Teste SNK referente à comparação das médias de oleoresina, na folhagem de *Pinus elliottii* (T₁), *Pinus taeda* (T₂) e *Araucaria angustifolia* (T₃) durante o verão.

Tratamentos	T ₁	T ₂	T ₃
Médias	3,94	3,53	3,26
T ₁	-	n.s	*
T ₂		-	n.s
T ₃			-

4.3. TEOR DE UMIDADE DO SOLO DURANTE AS ESTAÇÕES DO ANO

A análise da variância mostrou haver diferenças significantes no teor de umidade do solo para as três espécies estudadas, cujos resultados podem ser observados nos Quadros 21, 22 e 23 para *Pinus elliottii*, *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia*, respectivamente.

Ao se comparar as médias através do teste SNK, verificou-se para *Pinus elliottii* (Quadro 24), que a média do verão apresentou diferença significativa em relação às médias das demais estações do ano, as quais não se diferenciaram entre si.

Dessa forma, pelos dados obtidos, observa-se que a umidade é baixa no verão, começa a subir no outono e atinge o teor mais alto na primavera.

Para *Pinus taeda* (Quadro 25), a média do inverno diferenciou-se estatisticamente das demais estações do ano, sendo que as médias do verão (T_2) e do outono (T_3) também se diferenciaram entre si, enquanto que a média da primavera (T_1) não apresentou diferença significativa da média do verão (T_2) e do outono (T_3).

Verifica-se, portanto, para essa espécie, que o teor de umidade do solo no verão foi o mais baixo do ano, subindo no outono e atingindo o máximo no inverno, para depois de crescer na primavera e verão.

Para a *Araucaria angustifolia* (Quadro 26), foi observado que a média do teor de umidade no verão (T_2) diferenciou-se da média da primavera (T_1) e do inverno (T_4), as quais não se diferenciaram entre si. Também a média do outono (T_3) não

Quadro 21 - Análise da variância da porcentagem de umidade do solo, em plantio de *Pinus elliottii*, durante as estações do ano.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	49,49	16,49	19,40 *
Erro	8	6,85	0,85	
Total	11	56,34		

Quadro 22 - Análise da variância da porcentagem de umidade do solo, em plantio de *Pinus taeda* durante as estações do ano.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	55,53	18,51	24,68 *
Erro	8	6,01	0,75	
Total	11	61,54		

Quadro 23 - Análise da variância da porcentagem de umidade do solo, em plantio de *Araucaria angustifolia*, durante as estações do ano.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	3	66,24	22,08	7,82 *
Erro	8	22,56	2,82	
Total	11	88,80		

Quadro 24 - Teste SNK referente à comparação das médias de umidade do solo, para *Pinus elliottii* durante as estações do ano.

Tratamentos	T ₂ (verão)	T ₃ (outono)	T ₄ (inverno)	T ₁ (primavera)
Médias	28,39	32,51	33,22	33,33
T ₂	-	*	*	*
T ₃		-	n.s	n.s
T ₄			-	n.s
T ₁				-

Quadro 25 - Teste SNK referente à comparação das médias de umidade do solo, para *Pinus taeda* durante as estações do ano.

Tratamentos	T ₂ (verão)	T ₁ (primavera)	T ₃ (outono)	T ₄ (inverno)
Médias	24,39	26,50	28,49	30,13
T ₂	-	n.s	*	*
T ₁		-	n.s	*
T ₃			-	*
T ₄				-

Quadro 26 - Teste SNK referente à comparação das médias de umidade do solo, para *Araucaria angustifolia* durante as estações do ano.

Tratamentos	T ₂ (verão)	T ₃ (outono)	T ₄ (inverno)	T ₁ (primavera)
Médias	26,92	30,82	32,27	33,01
T ₂	-	n.s	*	*
T ₃		-	n.s	n.s
T ₄			-	n.s
T ₁				-

se diferenciou das demais.

Assim, para a *Araucaria angustifolia*, o teor de umidade do solo no verão foi o mais baixo do ano e o mais alto foi alcançado na primavera.

4.4. CORRELAÇÃO ENTRE OS TEORES DE UMIDADE E OLEORESINA NAS FOLHAS, FATORES METEOROLÓGICOS E UMIDADE DO SOLO

4.4.1. CORRELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS X_1 , X_2 , X_3 , X_4 , X_5 E X_8 (TESTE A)

Os resultados obtidos mostraram a existência de algumas correlações importantes. A melhor correlação apresentada pela variável X_1 (teor de umidade nas acículas) de *Pinus elliottii* (Quadro 27) foi com o teor de oleoresina (X_2), ao passo que para *Pinus taeda* (Quadro 28), X_1 correlacionou-se melhor com X_5 (teor de umidade do solo a 100 cm de profundidade) e depois com X_2 .

Para *Araucaria angustifolia* (Quadro 29), a variável X_1 não apresentou correlação considerada importante com nenhuma outra variável.

A variável X_2 , para *Pinus elliottii* (Quadro 27), apresentou uma maior correlação com X_4 , decrescendo com X_5 e mais ainda com X_3 , sendo que *Pinus taeda* (Quadro 28), apesar de apresentar também uma maior correlação de X_2 com X_4 esta decresceu primeiro com X_3 e depois com X_5 . *Araucaria angustifolia* (Quadro 29) apresentou maior correlação entre X_2 e X_5 , decrescendo com X_3 , sendo a menor com X_4 .

Quadro 27 - Matriz de correlação entre os teores de umidade (X_1) e oleoresina (X_2) nas acículas, umidade do solo a 20 cm (X_3), 60 cm (X_4), 100 cm (X_5) e número de dias sem chuva (X_8) em *Pinus elliottii*.

Variáveis	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_8
X_1	-					
X_2	-0,52	-				
X_3	-0,16	-0,48	-			
X_4	0,05	-0,63	0,94	-		
X_5	0,09	-0,58	0,88	0,94	-	
X_8	0,08	0,40	-0,72	-0,56	-0,56	-

Quadro 28 - Matriz de correlação entre os teores de umidade (X_1) e oleoresina (X_2) nas acículas, umidade do solo a 20 cm (X_3), 60 cm (X_4), 100 cm (X_5) e número de dias sem chuva (X_8) em *Pinus taeda*.

Variáveis	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_8
X_1	-					
X_2	-0,30	-				
X_3	-0,26	-0,33	-			
X_4	-0,23	-0,40	0,78	-		
X_5	-0,49	-0,21	0,72	0,92	-	
X_8	0,07	0,17	-0,72	-0,45	-0,39	-

Quadro 29 - Matriz de correlação entre os teores de umidade (X_1) e oleoresina (X_2) nas folhas, umidade do solo a 20 cm (X_3), 60 cm (X_4), 100 cm (X_5) e número de dias sem chuva (X_8) em *Araucaria angustifolia*.

Variáveis	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_8
X_1	-					
X_2	-0,03	-				
X_3	-0,17	-0,47	-			
X_4	-0,09	-0,45	0,93	-		
X_5	-0,16	-0,57	0,82	0,89	-	
X_8	0,29	0,27	-0,62	-0,50	-0,43	-

4.4.2. CORRELAÇÕES ENTRE AS MÉDIAS DE X_6 e X_7 DO DIA DAS COLETAS E AS MÉDIAS DE X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 e X_8 (TESTE B)

A mais alta correlação observada entre o teor de umidade nas acículas (X_1) e a umidade relativa do ar (X_6) foi em *Pinus elliottii* (Quadro 30). Para *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia*, as correlações foram mais baixas e negativas. Por outro lado, estas últimas espécies apresentaram melhor correlação entre X_1 e X_7 (temperatura do ar) do que *Pinus elliottii*, com destaque para *Pinus taeda*.

O teor de oleoresina nas folhas (X_2) de *Araucaria angustifolia* correlacionou-se melhor com X_6 e X_7 do que *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, havendo uma pequena superioridade de *Pinus elliottii* sobre *Pinus taeda*, na correlação entre X_2 e X_6 (Quadro 30).

Quadro 30 - Correlações entre as médias dos fatores meteorológicos (X_6 e X_7) no dia da coleta, os teores de umidade (X_1) e oleoresina (X_2) na folhagem, umidade do solo a 20 cm (X_3), 60 cm (X_4), 100 cm (X_5) e número de dias sem chuva (X_8), para *Pinus elliottii*, *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia*.

Variáveis	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_8	X_6
X_6 (<i>Pinus elliottii</i>)	0,31	-0,29	0,47	0,48	0,46	-0,17	-
X_6 (<i>Pinus taeda</i>)	-0,14	-0,23	0,47	0,62	0,64	-0,17	-
X_6 (<i>Araucaria angustifolia</i>)	-0,13	-0,32	0,38	0,12	0,09	-0,11	-
X_7 (<i>Pinus elliottii</i>)	0,28	-0,06	-0,51	-0,30	-0,36	0,46	-0,67
X_7 (<i>Pinus taeda</i>)	0,58	-0,09	-0,67	-0,82	-0,91	0,46	-0,67
X_7 (<i>Araucaria angustifolia</i>)	0,52	0,31	-0,42	-0,13	-0,26	0,44	-0,78

Outro fator a considerar foi que as correlações entre X_2 e X_6 para as três espécies e entre X_2 e X_7 para as duas espécies de *Pinus*, foram negativas, enquanto que *Araucaria angustifolia* apresentou uma correlação positiva entre X_2 e X_7 (Quadro 30).

4.4.3. CORRELAÇÕES ENTRE AS MÉDIAS MENSAIS DE X_6 e X_7 E AS MÉDIAS DE X_1 , X_2 , X_3 , X_4 , X_5 e X_8 (TESTE C)

Todas as correlações entre o teor de umidade nas acículas (X_1) e a umidade relativa do ar (X_6) foram negativas, enquanto que entre X_1 e X_7 (temperatura do ar) foram positivas. Neste teste, ao contrário das correlações entre as médias do dia de X_6 e X_7 com o teor de umidade nas acículas (X_1), *Pinus elliottii* foi que apresentou a mais baixa correlação entre estas variáveis, sendo praticamente nula entre X_1 e X_6 . Por outro lado, a melhor correlação entre X_1 e X_6 , como também entre X_1 e X_7 ocorreu com *Araucaria angustifolia*, seguida de *Pinus taeda* (Quadro 31).

Também aqui, o teor de oleoresina nas folhas (X_2) de *Araucaria angustifolia* apresentou correlações mais altas com X_6 e X_7 do que *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, repetindo-se um pequeno aumento de valores na correlação entre X_2 e X_6 para *Pinus elliottii* em relação a *Pinus taeda* (Quadro 31).

Não foram observadas correlações consideradas importantes para as espécies de *Pinus*, entre o teor de oleoresina nas acículas (X_2) e a temperatura do ar (X_7). Todas as correlações entre X_2 e X_6 foram negativas e entre X_2 e X_7 positivas.

Quadro 31 - Correlações entre as médias mensais dos fatores meteorológicos (X_6 e X_7) com os teores de umidade (X_1) e oleoresina (X_2) na folhagem, umidade do solo a 20 cm (X_3), 60 cm (X_4), 100 cm (X_5) e o número de dias sem chuva (X_8), para *Pinus elliottii*, *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia*.

Variáveis	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_8	X_6
X_6 (<i>Pinus elliottii</i>)	-0,04	-0,25	0,68	0,54	0,56	-0,52	-
X_6 (<i>Pinus taeda</i>)	-0,40	-0,20	0,77	0,86	0,90	-0,52	-
X_6 (<i>Araucaria angustifolia</i>)	-0,48	-0,48	0,62	0,37	0,39	-0,50	-
X_7 (<i>Pinus elliottii</i>)	0,18	0,05	-0,58	-0,49	-0,55	0,26	-0,90
X_7 (<i>Pinus taeda</i>)	0,37	0,04	-0,69	-0,85	-0,84	0,26	-0,90
X_7 (<i>Araucaria angustifolia</i>)	0,61	0,35	-0,56	-0,35	-0,46	0,26	-0,90

4.4.4. CORRELAÇÕES ENTRE AS MÉDIAS DE TODAS AS VARIÁVEIS, POR ESTAÇÃO DO ANO, COM EXCEÇÃO DA VARIÁVEL X_8 (TESTE D)

Para *Pinus elliottii*, as melhores correlações para X_1 foram com X_2 e com X_7 , sendo todas as demais correlações apresentadas por esta variável consideradas de pouca importância. Para *Pinus taeda*, X_1 manteve uma boa correlação principalmente com X_5 , X_6 e X_7 , enquanto que, com relação à *Araucaria angustifolia*, a partir de X_1 ocorreram correlações muito importantes neste último teste, com acréscimos consideráveis. Um fato também a considerar, foi que a correlação entre X_1 e X_2 nesta espécie, além de ter sido bastante alta, foi positiva, ao contrário do que ocorreu com as espécies de *Pinus*, cujas correlações foram baixas e negativas.

De acordo com os resultados obtidos, todas as espécies apresentaram excelentes correlações negativas entre X_2 e os respectivos teores de umidade do solo, sendo que para *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia* a melhor correlação foi entre X_2 e X_3 e para *Pinus elliottii* X_2 e X_4 .

De um modo geral, todas as correlações entre as variáveis, com exceção de algumas para *Pinus taeda* e *Pinus elliottii* que envolviam X_1 , apresentaram menor variabilidade e foram maiores, ou mais importantes, neste teste.

Os valores das correlações entre as variáveis do "teste D", para *Pinus elliottii*, *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia*, podem ser vistos nos quadros 32, 33 e 34, respectivamente.

Quadro 32 - Matriz de correlação entre as médias de todas as variáveis por estação do ano, com exceção da variável X_8 , para *Pinus elliottii*.

Variáveis	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
X_1	-					
X_2	-0,32	-				
X_3	0,02	-0,91	-			
X_4	0,16	-0,98	0,97	-		
X_5	0,09	-0,97	0,95	0,99	-	
X_6	-0,14	-0,49	0,77	0,62	0,55	-
X_7	0,35	0,46	-0,77	-0,61	-0,57	-0,97

Quadro 33 - Matriz de correlação entre as médias de todas as variáveis por estação do ano, com exceção da variável X_8 , para *Pinus taeda*.

Variáveis	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
X_1	-					
X_2	-0,20	-				
X_3	-0,14	-0,93	-			
X_4	-0,49	-0,73	0,92	-		
X_5	-0,72	-0,52	0,78	0,94	-	
X_6	-0,54	-0,64	0,83	0,89	0,94	-
X_7	0,57	0,67	-0,88	-0,97	-0,98	-0,97

Quadro 34 - Matriz de correlação entre as médias de todas as variáveis por estação do ano, com exceção da variável X_8 , para *Araucaria angustifolia*.

Variáveis	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
X_1	-					
X_2	0,97	-				
X_3	-0,84	-0,93	-			
X_4	-0,62	-0,77	0,94	-		
X_5	-0,65	-0,78	0,90	0,96	-	
X_6	-0,90	-0,84	0,69	0,42	0,36	-
X_7	0,96	0,89	-0,71	-0,43	-0,43	-0,97

5. DISCUSSÃO

5.1. VARIACÃO ESTACIONAL DO TEOR DE UMIDADE NAS FOLHAS

5.1.1. *Pinus elliottii* E *Pinus taeda*

Fazendo-se uma análise das médias de umidade das acículas de *Pinus elliottii* (Quadro 3), observa-se que a média do inverno foi bem menor quando comparada às demais estações do ano. Observa-se também, que a média do teor de umidade na primavera foi a mais alta, destacando-se das demais, principalmente das médias do inverno e verão.

A análise das médias de umidade de *Pinus taeda* (Quadro 5), também mostra um pico de umidade na primavera, acompanhado por um decréscimo gradual durante o ano, com um mínimo de umidade no inverno.

As diferenças verificadas no teor de umidade entre estas duas espécies, ocorreram devido ao baixo teor de umidade na folhagem de *Pinus taeda* durante quase todo o ano. Esta espécie apresentou um aumento de umidade apenas no início da primavera, ao contrário da folhagem de *Pinus elliottii*, que apresentou um maior teor de umidade durante o ano, em comparação com *Pinus taeda*.

Para *Pinus elliottii* os picos de umidade também foram mais altos, especialmente no final do outono (maio), ob

servando-se também um leve aumento no verão e uma queda brusca no inverno (julho), enquanto que na folhagem de *Pinus taeda*, o decréscimo a partir do final da primavera se deu gradualmente até o outono (abril) e a queda de umidade no inverno foi mais suave.

Vários fatores podem ter sido responsáveis por essas diferenças no conteúdo de umidade, como por exemplo, as características genéticas da espécie, diferenças no atraso verificado na absorção de água em relação à perda na transpiração (KRAMER & KOZLOWSKI²⁹) ou ainda, diferenças na densidade das copas ou área foliar.

Apesar dessas diferenças, as duas espécies apresentam tendências de umidade similares, como mostra a Figura 4, verificando-se que após o decréscimo de umidade verificado em julho, houve um acréscimo no final de agosto, que continuou até outubro. Este alto teor de umidade ocorrido nesta época coincide com o início da estação de crescimento, quando novos botões vegetativos quebram a dormência. Esta época, segundo dados obtidos na Estação de Pesquisas de Rio Negro é, aproximadamente, setembro. Tais análises também foram feitas por HOUGH²¹ e resultados similares foram encontrados por FIRES^{top}, citado por REIFSNYDER⁴⁶ e por COUNTRYMAN⁹.

Analisando-se ainda a Fig. 4, nota-se um ponto baixo no teor de umidade no final da primavera, à medida que avança a estação de crescimento, no período do alongamento dos brotos.

Tal decréscimo foi também observado por JAMESON²⁴, no Arizona, para o *Pinus edulis*, GIBBS*, citado por JAMESON²⁴ em

* GIBBS, R.D. Op. cit. p. 4.

Montreal, Canadá, para o *Pinus strobus*, HOUGH²¹, em Ocala, para *Pinus clausa*, VAN WAGNER⁶⁰, para cinco coníferas do leste do Canadá, WENDEL & STOREY⁶⁴, na Carolina do Norte e por vários outros autores (BUCK, citado por JOHNSON²⁵, COUNTRYMAN⁸, KOZLOWSKI & CLAUSEN²⁸, KRAMER & KOZLOWSKI²⁹, LEROY³¹, LITVAK³², PHILPOT⁴³, REIFSNYDER⁴⁶ e RUSSELL & TURNER⁴⁹).

Este decréscimo se deve ao deslocamento da água, juntamente com o açúcar, em direção aos pontos de crescimento, fato este também constatado por JAMESON²⁴, LITVAK³², PHILPOT⁴², durante o crescimento do broto.

Segundo KRAMER & KOZLOWSKI²⁹ nos locais de brotamento, a água é necessária em quantidade suficiente para manter a turgescência, considerando-se a alta transpiração e respiração intensa dos brotos, como também a sua maior atividade metabólica.

Verifica-se, tanto para *Pinus elliottii* como para *Pinus taeda*, que os valores máximos e mínimos de umidade coincidem com a quebra de dormência dos botões e começo do alongamento dos brotos.

Tais observações também foram feitas por HOUGH²¹, que ainda informa que a água pode ser deslocada juntamente com o fósforo, na época do alongamento dos brotos, das partes mais velhas da planta para os centros ativos de crescimento, a fim de satisfazer as necessidades dos tecidos, sendo este um fator importante em anos de seca, pois a umidade do solo não é prontamente acessível e há uma grande demanda de água das acículas mais velhas, o que predispõe as mesmas a uma ignição mais fácil e propagação mais rápida dos incêndios de copa.

RUSSELL & TURNER⁴⁹, em conformidade com o presente estudo, também comentam que a ocorrência de incêndios de primavera se deve ao declínio do teor de umidade nas acículas mais velhas das coníferas, nesta época.

Outro fator também a considerar, no decréscimo da umidade observado nas acículas mais velhas no período do crescimento dos brotos, é a ocorrência do espessamento das paredes celulares (JOHNSON²⁵) ou o incremento de matéria seca (KOZLOWSKI & CLAUSEN²⁸, KRAMER & KOZLOWSKI²⁹, LEROY³¹, REIFSNYDER⁴⁶ e SEROGLASOVA⁵⁰) à medida que as acículas amadurecem, o que resulta em um aumento do peso seco em proporção à umidade.

Verifica-se ainda (Figura 4) que o decréscimo da umidade iniciado no final da primavera, continua gradualmente até meados de outono (abril), sendo que em maio, ou seja, no final do outono, observa-se um pico de umidade para as duas espécies, sendo bem mais acentuado para *Pinus elliottii* do que para *Pinus taeda*.

Ambas as espécies atingem um mínimo no inverno, mais propriamente no mês de julho, para depois ganharem em umidade no início da estação de crescimento.

Estes resultados concordam com os de COUNTRYMAN⁸, que verificou que o conteúdo de umidade das espécies estudadas de crescer após a estação de crescimento, atingindo um mínimo no outono, quando a planta fica dormente, pois, justamente, devido ao declínio das funções vitais verificadas neste período, a absorção é menor.

KRAMER & KOZLOWSKI²⁹ também salientam que nas plantas lenhosas pode ocorrer, entre os períodos de crescimento,

uma dormência temporária de verão.

O pico de umidade registrado no final do outono (maio) se deve, provavelmente, ao fato de ser essa a época em que as acículas do final da primavera se aproximam do seu crescimento máximo. O mínimo alcançado no inverno pelas duas espécies, por sua vez, pode ter ocorrido por uma série de fatores.

O baixo conteúdo de umidade das folhas no inverno, foi também relatado por vários autores (COUNTRYMAN⁸, HOUGH²¹, PHILPOT⁴³, PHILPOT & MUTCH⁴⁴, REIFSNYDER⁴⁶ e VAN WAGNER⁶⁰), como sendo típico em pinheiros (HOUGH²¹).

ASHBY¹, COUNTRYMAN⁸, HOUGH²¹ e JAMESON²⁴, salientam que em virtude do solo frio e o ar relativamente seco e quente da estação, as coníferas são criticamente secas no inverno. As baixas temperaturas do solo podem reduzir seriamente a absorção de água (JAMESON²⁴, KRAMER & KOZLOWSKI²⁹), reduzindo a permeabilidade das raízes à água, o que aumentaria a resistência ao movimento da água através das raízes (KRAMER & KOZLOWSKI²⁹).

Por outro lado, segundo observações realizadas na Estação de Pesquisa de Rio Negro, entre julho e agosto inicia-se a queda das acículas dessas espécies de *Pinus*, o que resulta em um decréscimo da umidade, pois, neste período, as acículas estão maduras e, conseqüentemente, com menor teor de umidade (GIBBS, citado por KRAMER & KOZLOWSKI²⁹, HOUGH²¹, JOHNSON²⁵, PHILPOT & MUTCH⁴⁴ e PISKUNOV⁴⁵).

5.1.2. *Araucaria angustifolia*

De acordo com o Quadro 6, não existem diferenças es

tatísticas significantes, com relação ao teor de umidade das folhas de *Araucaria angustifolia* durante as estações do ano.

Para explicar tal fato, deve-se levar em consideração que as folhas dessa espécie são persistentes, sendo que as grimpas duram de 7 a 8 anos nas extremidades dos galhos da copa verde, enquanto que, nos ramos inferiores, se verifica uma derramagem natural, mais ou menos intensa; os ramos vão morrendo, devido à diminuição da luz, tanto mais regularmente, quanto mais denso for o povoamento de pinheiros (MATTOS³⁵).

Dessa forma, apesar do teor de umidade das folhas apresentar algumas variações, com alguns decréscimos em certas épocas, ele é relativamente alto durante todo o ano.

Ao se observar as tendências de umidade para essa espécie, segundo a Figura 4, nota-se um aumento da umidade em agosto, proveniente, certamente, do novo brotamento que, segundo MATTOS³⁵, se verifica nesta época.

A seguir, no período do alongamento dos brotos, verifica-se um decréscimo da umidade (outubro). Este decréscimo ocorreu, provavelmente, como já foi mencionado anteriormente para as espécies de *Pinus*, devido ao deslocamento da água, juntamente com os hidratos de carbono e nutrientes (fósforo, potássio e nitrogênio) para os centros ativos de crescimento (KRAMER & KOZLOWSKI²⁹).

Convém aqui salientar que o deslocamento do fósforo, nesta época, para as regiões de crescimento, predispõe a copa à uma maior inflamabilidade, pois, segundo TRUJILLO⁵⁹, uma redução destes compostos pode afetar bastante o índice de propagação de um incêndio. Nesta época também se dá, segundo

MATTOS³⁵, a maturação dos cones masculinos, bem como a formação dos cones femininos, o que seria mais um motivo para o decréscimo observado nesta época.

Continuando a analisar o teor de umidade nas folhas de *Araucaria angustifolia* durante o ano, observa-se em novembro um acréscimo que, provavelmente, se deve à folhagem nova de agosto que se aproxima do seu crescimento máximo.

Logo após esse acréscimo, verifica-se que a umidade decresce gradualmente, com pequenas variações no seu teor, até atingir um mínimo no mês de julho, tornando a subir em agosto, no início da nova brotação.

De dezembro a maio, segue-se o período destinado ao desenvolvimento da semente (MATTOS³⁵), sendo esta, provavelmente, a razão dos decréscimos ocorridos neste período.

De maio até julho é o período de dormência, também chamado "estado de repouso ou hiberna1" (MATTOS³⁵), de pouca ou quase nenhuma atividade, onde se observa um outro decréscimo da umidade, que se estende até julho, sendo este decréscimo mais suave em relação aquele ocorrido em outubro, no período do alongamento dos brotos.

5.1.3. AVALIAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE DURANTE AS ESTAÇÕES DO ANO ENTRE AS ESPÉCIES ESTUDADAS

Apesar de se observar uma maior umidade para *Araucaria angustifolia* em relação às espécies de *Pinus*, durante o ano, a mesma apenas se diferenciou estatisticamente, de *Pinus taeda*, não sendo significativa a diferença ocorrida em relação a *Pinus elliottii* (Quadro 8).

KRAMER & KOZLOWSKI²⁹ ressaltam a importância da morfologia e anatomia da folhagem, no que diz respeito à perda de água na transpiração. Eles salientam, que a intensidade de transpiração por unidade de área foliar nas acículas, por exemplo, de *Pinus taeda* é muito menor, em comparação com as espécies de folhosas, devido aos estômatos encontrarem-se recolhidos em cavidades ou reentrâncias. Por outro lado, em virtude da maior área foliar do *Pinus*, a intensidade de transpiração, por árvore, é maior.

No entanto, na tentativa de explicar o baixo conteúdo de umidade nas acículas dos *Pinus*, principalmente de *Pinus taeda*, em relação à *Araucaria angustifolia*, deve-se levar em consideração, além das diferenças na morfologia e anatomia da folhagem e das características genéticas de cada espécie (KRAMER & KOZLOWSKI²⁹), certos fatores como as diferenças na densidade das copas, área foliar e na altura das árvores, os quais podem ter influenciado no conteúdo de umidade durante as estações do ano entre as três espécies.

Ao se observar os povoamentos das referidas espécies, verifica-se que as árvores de *Pinus* possuem alturas maiores e copas mais densas, com maior área foliar do que *Araucaria angustifolia*, constatando-se ainda, uma maior densidade das copas para *Pinus taeda* em relação a *Pinus elliottii*.

A umidade relativa do ar alta, devido a maior densidade das copas, pode ter limitado a transpiração, o que consequentemente, restringiu a absorção. Em consequência, a ascensão da seiva tornou-se mais lenta, em virtude da mesma ocorrer mais em função da força de impulsão das raízes, por deixar de existir a força de aspiração das folhas.

Segundo KRAMER & KOZŁOWSKI²⁹, a medida que aumenta a distância entre as raízes e as folhas, o transporte se torna mais lento, sendo os défices em água nas folhas mais acentuados.

Dessa forma, devido à maior altura dos *Pinus*, a distância a ser percorrida pela água, assim como o tempo gasto até as partes superiores da planta, será maior. Por outro lado, a transpiração deve continuar, mesmo em menor grau, e o consumo interno de água na copa deve ser maior, devido a presença de maior número de células vivas. Este fato, aliado ao atraso no suprimento de água nas copas, deve ter ocasionado o teor de umidade mais baixo.

Pode-se considerar ainda, em relação à área foliar, que a transpiração mesmo em baixo grau, pode ser maior nas espécies de *Pinus* do que em *Araucaria angustifolia* e que um mesmo suprimento de água, sendo distribuído em copas de área foliar total diferente receberão, logicamente, menores quantitativos as que tiverem menor área.

5.2. VARIAÇÃO ESTACIONAL DO TEOR DE OLEORESINA NAS FOLHAS DE *Pinus elliottii*, *Pinus taeda* E *Araucaria angustifolia*

Ao se observar a Fig. 5, nota-se que apesar da média do teor de oleoresina do verão ter se destacado sobre as demais estações do ano, um pico bastante acentuado ocorreu no inverno (julho) para as três espécies, tendo a média do inverno sido prejudicada, devido ao decréscimo do teor de oleoresina verificado em agosto, por ocasião do início da brota

ção.

Notou-se também que os picos ocorridos para todas as espécies coincidiram com o decréscimo do teor de umidade do solo ocorrido durante o verão (Quadros 24, 25, 26), quando se verificou a ocorrência de 21 dias sem chuva antes da coleta de janeiro e com o decréscimo do teor de umidade das folhas, verificado para as três espécies no inverno (Quadro 3, 5 e Fig 4), mais propriamente, durante o mês de julho.

PHILPOT & MUTCH⁴⁴ também encontraram resultados semelhantes para a *Pseudotsuga*, com o teor de extrativos aumentando somente nos períodos secos, enquanto que nas folhas de uma espécie de eucalipto, na Austrália, o teor de óleos essenciais foi bastante alto em um ano excepcionalmente seco (FIRE CONTROL RESEARCH¹⁴).

O aumento do teor de oleoresina se dá, segundo alguns pesquisadores (KRAMER & KOZLOWSKI²⁹ e PHILPOT & MUTCH⁴⁴), quando ocorre um decréscimo de umidade nas acículas, ou em um período seco.

KRAMER & KOZLOWSKI²⁹ também salientam que o teor de oleoresina pode estar relacionado com as alterações na hidratação da árvore, observando que o mesmo parece aumentar quando as tensões de umidade encontram condições de desenvolvimento nas árvores em intensa transpiração.

Sendo assim, segundo os autores, normalmente as plantas sujeitas a um déficit em água contêm uma porcentagem alta de oleoresina, sendo que quanto maior a tensão de umidade do solo, maior o teor de oleoresina. Um decréscimo no teor de umidade no solo, como também uma menor hidratação nas folhas podem provocar alterações na composição química da fo

lhagem (KRAMER & KOZLOWSKI²⁹).

Analisando as variações ocorridas para *Pinus elliotii* e *Pinus taeda*, observa-se que o teor de oleoresina aumenta nos períodos secos, ou quando se verifica um decréscimo no teor de umidade do solo. Observa-se também que o teor de oleoresina decresce no início da brotação, verificando-se que deve existir uma relação entre a disponibilidade hídrica, o aumento ou decréscimo da oleoresina e a ocorrência ou não de brotação pois, segundo KRAMER & KOZLOWSKI²⁹, um déficit em água pode inibir o recomeço do crescimento das árvores das regiões tropicais, favorecendo certas transformações químicas, que culminam na secreção da oleoresina.

Por outro lado, com relação a *Araucaria angustifolia*, pode-se considerar que se o teor de oleoresina decresce com o início da brotação e aumenta após o brotamento, é provável que o processo de secreção da oleoresina esteja ligado mais à disponibilidade hídrica das folhas do que às tensões de umidade do solo, embora também esteja ligado a essas, levando-se a sugerir que, ao cessar o crescimento, a água antes necessária nos centros ativos de crescimento, volte a fazer parte ativa no processo de secreção da oleoresina.

Durante o ciclo estacional normal, o amido é convertido diretamente em óleo e tal conversão pode ser promovida por alterações da temperatura (FISCHER*, TUTTLE**, citados por KRAMER & KOZLOWSKI²⁹). Sendo assim, no final do outono ou prin

* FISCHER, A. Beiträge zur Physiologie der Holzgewächse. Jahrb. Wiss. Bot., 22: 73-160, 1891.

** TUTTLE, G.M. Induced changes in reserve materials in evergreen herbaceous leaves. Ann. Bot., 3: 201-10, 1919.

cípio do inverno, quando as temperaturas começam a cair, os óleos se acumulam nas estruturas vegetativas das árvores (KRAMER & KOZŁOWSKI²⁹), sendo esta, provavelmente, uma outra possível razão do alto teor de oleoresina para as três espécies em julho, quando as temperaturas foram bastante baixas.

Comentam KRAMER & KOZŁOWSKI²⁹, que os óleos encontrados nas folhas das coníferas têm um aspecto resinífero e que o seu teor é notavelmente elevado durante o inverno, decresce com o desabrochar das gemas, torna a aumentar lentamente no transcorrer do verão até um máximo no final do outono ou princípios de inverno, voltando a declinar até um mínimo de ocorrência primaveril.

As três espécies estudadas também apresentaram um decréscimo no início da brotação, tornando a aumentar no decorrer do verão.

HOUGH²¹, na Floresta Nacional de Ocala, observou nas acículas de *Pinus clausa*, uma queda brusca no teor de extrativos com o crescimento ocorrido na primavera.

Os resultados obtidos neste trabalho também concordam com KRAMER & KOZŁOWSKI²⁹, quando o teor de oleoresina tornou a aumentar após o desabrochar das gemas, verificando-se dois picos para *Pinus elliottii* no verão, um acréscimo maior para *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* em fevereiro, sendo que o teor de oleoresina para esta última permaneceu nivelado até abril, época em que as espécies de *Pinus* apresentaram uma sensível queda (Fig. 5) devido, talvez, às precipitações ocorridas neste mes, pois, segundo PHILPOT & MUTCH⁴⁴, a diminuição do teor de extrativos na folhagem coincide com o início da precipitação.

Por outro lado, a queda verificada no teor de oleoresina em maio, para *Araucaria angustifolia*, se deu no início do "período de repouso", o qual, segundo MATTOS³⁵, caracteriza-se por apresentar pouca ou quase nenhuma atividade.

No entanto, apesar das diferenças ocorridas no outono, as três espécies apresentaram um aumento considerável no mês de julho, que coincidiu com o decréscimo do teor de umidade. Este aumento se deve, provavelmente, como já foi mencionado anteriormente, à maior predominância de acículas maduras nesta época, as quais apresentam menor teor em água e maior teor de oleoresina.

Nesta análise sobre o teor de oleoresina, deve-se chamar a atenção para o fato de que o material volátil existente na oleoresina é o mais importante na propagação dos incêndios de copa. Estes materiais se encontram normalmente em grandes quantidades na folhagem das coníferas (SHAFIZADEH et al.⁵¹), numa proporção, aproximadamente, de 15% do teor total de oleoresina, sendo 80% de material não volátil e 5% de água, segundo MUNIZ et al.⁴⁰ e conforme dados do Serviço Florestal do Estado de São Paulo e do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT). Tais proporções são similares nos diversos tecidos produtores de oleoresina (D'ANGELO¹⁰).

No mês de julho, por exemplo, quando o teor de oleoresina foi alto para as três espécies (Quadros 35, 36 e 37), encontrou-se para *Pinus elliottii* uma média de 15,8% de oleoresina, dos quais, aproximadamente, 12,6% seria de material não volátil (breu) e 2,37% de material volátil (terebentina); para *Pinus taeda*, que apresentou 13,5% de oleoresina, a proporção seria de 10,8% de não voláteis e 2% de voláteis; para

Araucaria angustifolia, cujo teor de oleoresina foi de 10,2%, o material não volátil corresponderia a 8,1%, sendo 1,5% de voláteis.

Embora no teor de oleoresina, a quantidade de voláteis seja bem menor em relação à quantidade de não voláteis, esta porcentagem de voláteis encontrada nas acículas dessas coníferas é suficiente para aumentar significativamente a inflamabilidade das folhas das espécies que tem altos conteúdos de oleoresina, uma vez que os voláteis são facilmente gasificados a baixas temperaturas, o que é importante no início da combustão.

5.3. AVALIAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE E OLEORESINA DURANTE AS ESTAÇÕES DO ANO E SUA INFLUÊNCIA NA COMBUSTIBILIDADE DAS COPAS

5.3.1. *Pinus elliottii*

De uma maneira geral, analisando-se a Fig. 1, esta espécie manteve um conteúdo alto de oleoresina durante quase todo o ano, com uma queda acentuada no início da brotação entre agosto e outubro e outra em abril, menos acentuada, que se deve ao início da precipitação (PHILPOT & MUTCH⁴⁴), ou a uma dormência temporária de verão que se estendeu até abril (KRAMER & KOZŁOWSKI²⁹).

O teor de umidade sofreu um decréscimo no final da primavera, com o avanço da estação de crescimento, que continuou até abril, e outro em julho, antes do novo brotamento, quando as acículas estão maduras e com um menor teor em água.

Segundo PHILPOT & MUTCH⁴⁴ e HOUGH²¹, o período em que as acículas contêm um baixo teor de umidade e um alto teor de oleoresina, é o mais suscetível aos incêndios, devido a alta combustibilidade das copas.

HOUGH²¹ ressalta que as oleoresinas, por evaporarem facilmente devido ao teor de voláteis, são bastante favoráveis à combustão, sendo que as acículas com altas quantidades destes extrativos queimam fácil e intensamente. Por outro lado, comenta ainda o autor, que a eficiência da combustão é reduzida e maior quantidade de energia é necessária para alcançar a temperatura de ignição, se o conteúdo de umidade das acículas for alto. Sendo assim, durante o verão, apesar do teor de oleoresina ter sido alto (Fig. 1), o teor de umidade manteve-se inalterado, não apresentando decréscimos bruscos como aqueles observados nos meses de julho e novembro.

Também em maio observou-se um aumento da oleoresina, porém, acompanhado por um acréscimo da umidade. No final da primavera (novembro) e em meados do inverno (julho), o decréscimo da umidade vem acompanhado por um acréscimo da oleoresina, o que predispõe as copas a uma maior incidência de incêndios (MISSBACH³⁸).

Convém salientar que embora os fatores oleoresina e umidade indiquem um maior perigo de incêndio, para esta espécie, em meados de inverno e final de primavera, a copa se manteve potencialmente inflamável durante o verão, devido ao alto teor de oleoresina verificado nesta época. Entretanto, além desses fatores deve-se também levar em consideração, os fatores climáticos.

Os incêndios florestais no Brasil (GOLFARI¹⁶), em par

ticular na região centro-paranaense (SOARES⁵³), ocorrem mais frequentemente no inverno e na primavera, devido a razões climáticas. Na região de Rio Negro, as chuvas são muito mais frequentes no verão, porém no período de condução do experimento, os meses de verão foram mais secos, ocorrendo maior precipitação no outono.

5.3.2. *Pinus taeda*

Esta espécie apresentou tendências de umidade e oleoresina bastante similares a *Pinus elliottii*, apenas em menor escala.

Altas porcentagens de oleoresina foram observadas nos meses de fevereiro, julho e, após baixar em agosto, tornou a subir durante a primavera. Também para esta espécie, o teor de umidade atingiu um mínimo no inverno (julho) coincidindo com o máximo teor de oleoresina nas acículas. Em fevereiro, apesar do pico ocorrido no teor de oleoresina, o decréscimo da umidade foi suave, enquanto que no final da primavera, o teor de umidade caiu bruscamente, acompanhado por um acréscimo gradual da oleoresina, que continuou até o verão.

O acréscimo ocorrido em maio no teor de oleoresina, não constitui perigo sério, uma vez que também houve, nesta época, um aumento do teor de umidade.

Desse modo, segundo os resultados apresentados, a época em que as acículas se encontram mais suscetíveis aos incêndios florestais de copa, seria no final da primavera, no período do alongamento dos brotos; em meados de inverno, quando o teor de umidade atinge um mínimo e o teor de oleoresi

na um máximo, ou ainda, no verão, quando a combustibilidade das copas é grande, devido ao aumento acentuado do teor de oleoresina, devendo-se, contudo, levar em consideração, para uma melhor avaliação, os fatores climáticos.

5.3.3. *Araucaria angustifolia*

Ao analisar a Fig. 3, verifica-se que para esta espécie o teor de oleoresina decresceu apenas no início da brotação (agosto) e durante o período inativo (maio), verificando-se um teor de oleoresina relativamente constante durante quase todo o ano, com dois picos mais acentuados, no verão (fevereiro) e no inverno (julho), pelas razões já expostas.

GOLFARI¹⁶ menciona que o fogo das copas de *Araucaria angustifolia*, em certas épocas do ano, propaga-se mais rapidamente, sendo as folhas, em particular, altamente combustíveis.

Os resultados obtidos demonstram que as épocas mais suscetíveis seriam aquelas relacionadas com o menor teor de umidade nas acículas, no período do alongamento dos brotos (final da primavera), quando se verifica também um aumento do teor de oleoresina.

A incidência dos incêndios também pode aumentar durante o inverno (julho), onde se verifica um aumento acentuado do teor de oleoresina, acompanhado por um decréscimo da umidade.

5.3.4. AVALIAÇÃO DO QUANTITATIVO DE OLEORESINA NA FOLHAGEM DE *Pinus elliottii*, *Pinus taeda* E *Araucaria angustifolia*

Como se pode observar nos dados apresentados no apên

dice (Quadros 35, 36 e 37) e na Fig. 5, o teor de oleoresina é bastante alto nas tres espécies estudadas, não existindo diferenças estatísticas significantes entre elas no decorrer do ano (Quadro 15). Contudo, observa-se uma superioridade de *Pinus elliottii* em relação a *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia*, apesar do mesmo ter se diferenciado estatisticamente apenas de *Araucaria angustifolia* durante o verão (Quadro 20).

Com relação ao teor de oleoresina nas acículas de *Pinus taeda*, verificou-se que o mesmo não apresentou diferenças estatísticas significantes em relação a *Pinus elliottii*, em nenhuma estação do ano, constatando-se quantitativos altos de oleoresina nas suas acículas. Este fato merece ser evidenciado, pois *Pinus elliottii*, juntamente com outras duas espécies (*Pinus palustris* e *Pinus pinaster*) são consideradas, segundo MUNIZ et al.⁴⁰, as melhores produtoras de oleoresina.

Segundo HODGES & LORIO²⁰, *Pinus taeda* não é uma espécie considerada boa produtora, devido à facilidade com que sua oleoresina se cristaliza quando em contato com o ar, o que, conseqüentemente, impede sua saída fácil quando as árvores sofrem incisões.

Na extração da oleoresina das acículas, não houve tal possibilidade, uma vez que as mesmas foram liquidificadas junto com o solvente, não existindo o problema da cristalização, devido a oleoresina não ficar em contato com o ar, o que provavelmente impediria sua saída fácil das folhas.

Dessa forma, talvez seja possível uma utilização das acículas dessa espécie, uma vez que a oleoresina do lenho é mais difícil de ser aproveitada, devido à rápida cristalização.

Em *Araucaria angustifolia*, a oleoresina, que é mais uma "goma-resina", é extraída principalmente da casca ou do nó de pinho, não havendo informações sobre extração das folhas (MATTOS³⁵). O teor apresentado pelas folhas dessa espécie, apesar de ter sido mais baixo em relação às espécies de *Pinus*, foi relativamente alto durante o ano.

KARNIK et al.²⁷ salientam que um interesse considerável é manifestado tanto pela indústria como pelas empresas florestais na exploração comercial da folhagem de pinheiros. O teor de oleoresina nas folhas de cada espécie é um fator importante para decidir sobre a viabilidade econômica da exploração comercial.

5.4. ANÁLISES DE CORRELAÇÃO

As correlações negativas ocorridas entre o teor de umidade nas acículas (X_1) e o teor de oleoresina (X_2) para as três espécies, com exceção de *Araucaria angustifolia* no teste D, vem comprovar a hipótese de que o aumento da secreção da oleoresina está em função do decréscimo da umidade.

Essa tendência foi maior para *Pinus elliottii* do que para *Pinus taeda*, como também, foi maior no teste A do que no teste D para as duas espécies.

Araucaria angustifolia, por sua vez, apresentou uma correlação negativa tão baixa e apenas no teste A, que pode ser considerada como inexistente. Todavia, esta espécie apresentou boa correlação positiva entre X_1 e X_2 no teste D, o que vem confirmar o fato de que o processo de secreção da oleoresina está ligado à disponibilidade hídrica das acículas.

A variável X_1 apresentou correlações negativas com os teores de umidade do solo para *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia*, algumas, inclusive, consideradas importantes, como entre X_1 e X_5 para *Pinus taeda* e entre X_1 e X_3 , X_4 e X_5 para *Araucaria angustifolia*, verificando-se que estas correlações aumentaram sensivelmente, ao se tomar a média da estação do ano.

Os resultados negativos entre o teor de umidade nas acículas e os respectivos teores de umidade do solo, podem parecer ilógicos, uma vez que, segundo COUNTRYMAN⁸, as variações no conteúdo das folhas são atribuídas à atividade fisiológica das plantas, sendo esta atividade largamente controlada pela umidade do solo.

Contudo, JOHNSTON²⁶ verificou que *Pinus radiata* é capaz de manter a turgescência moderada em suas acículas, mesmo sob condições de solo muito seco, enquanto que, REIFSNYDER⁴⁶ mencionou que o teor de umidade nas folhas foi mais alto nos meses mais secos, contrastando com a umidade do solo, que foi baixa durante estes meses.

Estas correlações podem ter ocorrido devido à disponibilidade hídrica do solo, necessitando um decréscimo no teor de umidade do solo a 20 cm de profundidade (X_3) para *Araucaria angustifolia* e no teor de umidade do solo a 100 cm de profundidade (X_5) para *Pinus taeda*, para que haja água disponível à disposição das raízes, pois, segundo KRAMER & KOZLOWSKI²⁹, um solo que apresente amplitude relativamente grande entre a porcentagem de emurchecimento permanente e a capacidade de campo é o mais favorável à absorção da água pelas raízes, por possuir mais água disponível.

Outro fator que poderia também ter influenciado é o comportamento diferencial dos estômatos, que para as espécies de coníferas, segundo OPENHEIMER, citado por JAMESON²⁴, fecham durante as secas, com transpiração baixa e aumento do conteúdo de umidade nas acículas.

CARTER et al.⁷ também mostraram que as acículas de *Pinus taeda* possuem uma superior habilidade de conservar a umidade sob condições de seca, pelo fechamento dos estômatos e conseqüente redução da transpiração. Sendo assim, o decréscimo da umidade do solo pode ter ocasionado o aumento do teor de umidade nas folhas.

Para *Pinus elliottii*, o teor de umidade nas acículas, praticamente não apresentou correlação com a umidade do solo, sendo todas as correlações insignificantes e sem consistência em sinal (Quadro 32). Resultados semelhantes foram encontrados por JAMESON²⁴ para *Pinus edulis* e duas espécies de *Juniperus*, os quais ele classificou de ilógicos, não consistentes em sinal e não significativos.

Todas as três espécies apresentaram melhores correlações entre o teor de oleoresina (X_2) e a umidade do solo no teste D, em especial *Pinus elliottii* entre X_2 e X_3 , X_4 e X_5 . Todas as correlações foram também negativas, o que confirma a hipótese de que um decréscimo na umidade do solo, aumenta o teor de oleoresina (KRAMER & KOZLOWSKI²⁹, PHILPOT & MUTCH⁴⁴).

As diferenças ocorridas entre as correlações da variável X_2 e o teor de umidade do solo, nas diferentes profundidades (X_3 , X_4 e X_5), entre as três espécies, podem ter ocorrido em virtude de diferenças existentes no sistema radicular dessas espécies, o que resultaria em uma maior ou menor

absorção de água pelas raízes.

SUDNITSYN et al.⁵⁷, mostraram, através das distribuições e das quantidades de raízes finas na secção vertical, que a água do solo a uma profundidade de 1 a 2 metros não havia sido completamente utilizada por *Pinus sylvestris*.

No teste D, por exemplo, onde as correlações foram mais importantes, a variável X_2 para *Pinus elliottii* correlacionou-se melhor (negativamente) com X_4 e X_5 , ao passo que para *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia* foi com X_3 , o que provavelmente, indica, que é nessas profundidades que as raízes das espécies em questão realizam sua maior absorção de água.

Por outro lado, como era de se esperar, foram bastante altas as correlações entre X_3 , X_4 e X_5 , sendo observadas, tanto no teste A como no teste D, correlações mais altas entre as variáveis mais próximas (X_3 e X_4 ou X_4 e X_5).

O número de dias sem chuva antes de cada coleta (X_8) não apresentou correlações consideradas importantes com o teor de umidade nas acículas (X_1) nem com o teor de oleoresina (X_2). Apesar dessa variável ter apresentado melhores correlações com os respectivos teores de umidade do solo, decrescendo da menor para a maior profundidade, todas essas correlações teriam sido melhores se para a variável X_8 , tivesse sido utilizada a média do número de dias sem chuva do mês ou da estação, pois, conforme os dados observados nos testes A, B, C e D, verifica-se uma tendência de aumento dos valores das correlações com o aumento do período de tempo. No teste D, a partir das correlações referentes a X_2 , já se verifica esse aumento, contudo, principalmente em relação aos fatores meteorológicos, as correlações aumentaram com o au

mento do período considerado.

Esses resultados concordam com os obtidos por SOARES⁵³, os quais também mostraram uma tendência de aumento dos valores das correlações entre fatores meteorológicos com o aumento do período de tempo, mostrando também uma diminuição na variabilidade, à medida que aumenta o intervalo de tempo, tornando-se mais estáveis as correlações.

Tal fato pode ser observado ao se comparar os Quadros 30 e 31. As correlações entre X_1 e X_6 para *Pinus elliotii*, e entre X_2 e X_7 para *Pinus elliotii* e *Pinus taeda*, embora consideradas não importantes, tornaram-se mais consistentes em sinal.

STOLJARCUK⁵⁶ também concluiu que o aumento do tempo considerado, com relação ao número de dias sem chuva, apresentou maior influência.

No teste D, observa-se que nas três espécies, a umidade relativa do ar (X_6) correlacionou-se negativamente com o teor de umidade nas folhas (X_1) e o teor de oleoresina (X_2), enquanto que a temperatura (X_7) correlacionou-se positivamente com as mesmas variáveis. Isto quer dizer que o decréscimo da umidade relativa (X_6) e o aumento da temperatura (X_7) podem ocasionar o aumento do teor de oleoresina (X_2), como também do teor de umidade nas folhas (X_1), o que pode aumentar a inflamabilidade das copas, dependendo da espécie.

Em *Pinus elliotii* (Quadro 32), e em *Pinus taeda* (Quadro 33), a correlação de X_6 e X_7 é maior com X_2 do que com X_1 , ao passo que para *Araucaria angustifolia* (Quadro 34), X_6 e X_7 , obtiveram melhores resultados com X_1 do que com X_2 . Sendo assim, o decréscimo da umidade relativa (X_6) e o aumento

da temperatura (X_7) podem vir acompanhados por um acréscimo da oleoresina (X_2), maior do que o acréscimo de umidade (X_1), no caso de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*. Para *Araucaria angustifolia* seria o inverso, apesar de que, as correlações com o teor de oleoresina (X_2) também são altas.

Dessa forma, segundo estas correlações, a espécie mais influenciada pela umidade relativa e temperatura com relação à inflamabilidade seria *Pinus taeda*, seguida de *Pinus elliottii* e por último, de *Araucaria angustifolia*, sendo que, de um modo geral, pode-se dizer que as espécies de *Pinus* são mais suscetíveis aos incêndios, devido a maior combustibilidade de suas copas. No entanto, verifica-se que *Araucaria angustifolia* apresenta correlações altas entre X_1 e X_2 .

Com relação à umidade relativa (X_6) e temperatura do ar (X_7), os resultados encontrados vem de encontro aos obtidos por vários pesquisadores, de acordo com os quais a probabilidade de grandes incêndios ocorrerem aumenta rapidamente à medida que a umidade relativa decresce (FAHNESTOCK¹³, KRUEGER³⁰) e a temperatura aumenta (ZIEGER & LANGE⁶⁵).

COUNTRYMAN⁸ também comenta que as variações no conteúdo de umidade podem ser atribuídas, principalmente, à temperatura, uma vez que a mesma pode afetar o início do novo crescimento.

CRAMER⁹, menciona que a umidade relativa influencia o teor de umidade dos combustíveis verdes, sendo que MAKEDONSKA³⁴ verificou que com alta umidade do ar, ocorreu um déficit de umidade nas acículas para *Pinus sylvestris*, registrando-se, segundo DAVIS¹¹, uma grande porcentagem de incêndios, quando as umidades relativas estavam acima do nível normal

mente associado com grandes incêndios.

A umidade relativa e a temperatura podem exercer um efeito direto na inflamabilidade dos combustíveis florestais, mas também podem exercer um efeito indireto, como por exemplo, influenciando no teor de umidade do solo, cujas correlações com a umidade relativa do ar foram positivas, e com a temperatura do ar, negativas (Quadros 32, 33 e 34), sendo bastante altas para *Pinus taeda* (Quadro 33) e um pouco menores para *Pinus elliottii* e *Araucaria angustifolia* (Quadros 32 e 34).

A influência indireta ocorre em virtude do teor de umidade do solo influir tanto no teor de oleoresina para as três espécies, conforme se observa nos Quadros 32, 33 e 34, como também, no teor de umidade das folhas, para *Pinus taeda* e para *Araucaria angustifolia*.

Com relação às correlações apresentadas entre a umidade relativa (X_6) e a temperatura do ar (X_7) com o teor de umidade do solo (X_3 , X_4 e X_5), verificou-se que as correlações para *Pinus elliottii* (Quadro 32) e *Araucaria angustifolia* (Quadro 34) diminuíram com o aumento da profundidade, enquanto que, para *Pinus taeda*, além de terem sido muito melhores, as correlações aumentaram com a profundidade do solo considerada, observado-se ainda, para esta espécie, uma pequena superioridade da temperatura do ar (X_7) sobre a umidade relativa (X_6) nos testes B e D, e da umidade relativa (X_6) sobre a temperatura (X_7) no teste C.

6. CONCLUSÕES

6.1. VARIAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE NAS FOLHAS

- i. O teor de umidade das folhas de *Araucaria angustifolia* foi significativamente maior que o de *Pinus taeda*. A média de *Pinus elliottii* não se diferenciou das médias de *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia*.
- ii. Todas as três espécies estudadas apresentaram um alto teor de umidade no início da estação de crescimento. As espécies de *Pinus* apresentaram um segundo pico de umidade no final do outono (maio).
- iii. O acréscimo de umidade verificado em agosto para as três espécies, permaneceu até outubro para *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, observando-se um decréscimo da umidade para estas duas espécies somente em novembro, ao passo que, para *Araucaria angustifolia*, o decréscimo se deu em outubro.

6.2. VARIAÇÃO DO TEOR DE OLEORESINA NAS FOLHAS

- i. Apesar de se observar uma superioridade de *Pinus elliottii* em relação a *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia*, estatisticamente, não houve diferença no teor

de oleoresina das três espécies, no decorrer do ano, sendo que, *Pinus elliottii* apenas se diferenciou estatisticamente de *Araucaria angustifolia* durante o verão.

- ii. O teor de oleoresina nas três espécies estudadas alcançou maiores valores durante o verão (janeiro e fevereiro) e o inverno (julho).
- iii. Verificaram-se dois picos no teor de oleoresina para *Pinus elliottii* no verão, em janeiro e fevereiro, e um acréscimo maior para *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia* em fevereiro, sendo que o teor de oleoresina para esta última permaneceu nivelado até abril, época em que os *Pinus* apresentaram uma sensível queda.
- iv. Os altos teores ocorridos para todas as espécies coincidiram com o decréscimo do teor de umidade do solo verificado durante o verão, ou com o decréscimo do teor de umidade na folhagem durante o inverno (julho) e meados de primavera (outubro e novembro). Concluiu-se assim que as variações no teor de oleoresina estão relacionadas com as tensões de umidade.

6.3. INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO ESTACIONAL DO TEOR DE UMIDADE E OLEORESINA NA COMBUSTIBILIDADE DAS COPAS

- i. O potencial de incêndios de copa foi maior, na primavera (outubro para *Araucaria angustifolia* e no

vembro para as espécies de *Pinus*) e em meados do inverno (julho), quando se verificou um decréscimo da umidade acompanhado por um acréscimo da oleoresina.

- ii. A copa se manteve potencialmente inflamável também durante o verão, devido aos picos de oleoresina verificados nesta época e pela estação excepcionalmente seca, no ano de 1979.

6.4. CORRELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS

- i. As correlações negativas ocorridas entre o teor de umidade nas acículas e o teor de oleoresina, vem comprovar a hipótese que o aumento da secreção de oleoresina está em função do decréscimo da umidade, sendo esta tendência maior para *Pinus elliottii* do que para *Pinus taeda*.
- ii. A alta correlação positiva entre o teor de umidade nas folhas e o teor de oleoresina, para *Araucaria angustifolia*, indica que para esta espécie o processo de secreção da oleoresina está ligado à disponibilidade hídrica das folhas.
- iii. O teor de umidade nas folhas apresentou correlações negativas importantes com o teor de umidade do solo para *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia*, verificando-se um aumento nas correlações, ao se tomar a média da estação do ano.
- iv. As três espécies apresentaram correlações negativas importantes entre o teor de oleoresina e a umidade

do solo, o que confirma a hipótese de que um decréscimo na umidade do solo, aumenta o teor de oleoresina.

- v. O número de dias sem chuva não apresentou correlações importantes com o teor de umidade nas folhas ou com o teor de oleoresina.
- vi. Existe uma tendência de aumento dos valores das correlações e uma certa estabilidade nas mesmas, com o aumento do período de tempo considerado.
- vii. A umidade relativa do ar correlacionou-se negativamente com o teor de umidade e o teor de oleoresina, enquanto que a temperatura correlacionou-se positivamente com estas variáveis.
- viii. O aumento da temperatura, acompanhado do decréscimo da umidade relativa do ar, provoca um aumento do teor de oleoresina, que pode ser maior ou menor do que o teor de umidade das folhas, podendo, no primeiro caso, predispor as copas a uma maior inflamabilidade.

7. RESUMO

O presente trabalho teve por objetivos estudar as variações estacionais dos teores de umidade e oleoresina na folhagem verde de *Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm, *Pinus taeda* L. e *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. e procurar determinar a(s) época(s) em que a folhagem das espécies em questão são potencialmente mais combustíveis.

A parte de campo da pesquisa foi desenvolvida na Estação de Pesquisas Florestais de Rio Negro da Universidade Federal do Paraná, o processamento das amostras para determinação do teor de umidade da folhagem e do solo, no Laboratório de Silvicultura do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal e a extração de oleoresina das folhas no Laboratório de Tecnologia Orgânica, todos da mesma Universidade.

A oleoresina foi extraída das folhas dos pinheiros através da combinação de duas metodologias, extração com álcool etílico a frio e extração por decocção. No final da extração foram efetuados testes adicionais para a averiguação da presença de taninos, proteínas e açúcares redutores e não redutores.

Os resultados mostraram que a média do teor de umidade de *Pinus taeda* diferenciou-se significativamente, ao nível de 95% de probabilidade, apenas da média de *Araucaria angustifolia*. Todas as três espécies estudadas apresentaram um alto

teor de umidade no início da estação de crescimento e um de crêscimo da umidade no período de alongamento dos brotos. O menor teor de umidade nas folhas foi apresentado por *Pinus taeda* e o maior por *Araucaria angustifolia*. Em valores absolutos, a variação, em porcentagem do peso seco, foi de 132,75 a 173,94% em *Pinus elliottii*, de 115,70 a 172,36% em *Pinus taeda* e de 146,08 a 199,72% em *Araucaria angustifolia*.

Com relação ao teor de oleoresina, observou-se uma superioridade de *Pinus elliottii* sobre as outras duas espécies, a pesar de que, estatisticamente, esta espécie apenas se diferenciou de *Araucaria angustifolia* durante o verão. Em valores absolutos, os teores de oleoresina, em porcentagem do peso seco, variaram de 3,68 a 19,85% em *Pinus elliottii*, de 2,04 a 15,03% em *Pinus taeda* e de 2,51 a 13,40% em *Araucaria angustifolia*.

O teor de oleoresina alcançou seus maiores valores durante o verão (janeiro e fevereiro) e o inverno (julho). Os altos teores ocorridos para todas as espécies coincidiram com o decrêscimo do teor de umidade do solo verificado durante o verão, ou com o decrêscimo do teor de umidade na folhagem durante o inverno e meados de primavera.

Os períodos de maior combustibilidade potencial das copas foram observados na primavera e meados do inverno, quando se verificaram baixos teores de umidade e altos teores de oleoresina. Entretanto, a copa se manteve potencialmente inflamável também durante o verão, quando o teor de oleoresina foi alto.

SUMMARY

The main objectives of this research were to study the seasonal changes of moisture content and oleoresin in the green foliage of *Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm., *Pinus taeda* L. and *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., and also to determine the periods when the foliage of these species are potentially more combustible.

The field research was developed in the Rio Negro Forest Research Station of the Federal University of Parana. The determination of foliage and soil moisture content were carried out in the Forest Schools Silviculture Laboratory and the oleoresin extraction was done in the Organic Technology Laboratory, both from the same University.

Pine leaves oleoresin was extracted through the combination of two methodologies: i) extraction by cold ethylic alcohol and ii) by decoction. At the end of the extraction, additional tests were performed in order to investigate the presence of tanins, proteins and reducer and non-reducer sugars.

Results showed that the moisture content average of *Pinus taeda* was different, at the 95% level, from the average of *Araucaria angustifolia*. The three species presented a higher moisture content at the beginning of growth season, decreasing during the buds elongation period. *Pinus taeda* presented the lowest foliage moisture content, and *Araucaria angustifolia*

the highest. Moisture content in terms of oven dry weight ranged from 132.75 to 173.94% in *Pinus elliottii*; from 115.70 to 172.36% in *Pinus taeda*; and from 146.08 to 199.72% in *Araucaria angustifolia*.

Pinus elliottii presented a higher oleoresin content compared to the other two species, although, statistically, it was only different from *Araucaria angustifolia* during the summer season. Oleoresin content, in terms of oven dry weight, ranged from 3.68 to 19.85% in *Pinus elliottii*, from 2.04 to 15.03% in *Pinus taeda*; and from 2.51 to 13.40% in *Araucaria angustifolia*.

Oleoresin content reached the highest values during the summer (January and February) and winter (July) seasons. The three species presented the highest oleoresin percentages either along with the soil moisture content decrease in summer, or along with the foliage moisture content decrease in winter and middle spring.

Periods of higher crown combustibility were observed in spring and middle winter, when the moisture content of the foliage was low and percentage of oleoresin was high. However, the crowns were potentially inflammable also during summer, when oleoresin content was high.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASHBY, W.C. Relative turgidity determination for native and plantation shortleaf pine in southern Illinois. Bot. Gaz., 127(4): 225-7, 1966.
2. BALDWIN, V.C. & BARNEY, C.W. Leaf water potencial in planted Ponderosa and Longepole pines. For.Sci., 22(3): 344-50, 1976.
3. BORODULINA, F.Z. & BORISOVA, T.A. /Differences in water regime of *Ulmis pumila* of different geographical origin/. Vestnik Moskovskogo Universeteta, VI (2): 99-101, 1973. /Resumo/
4. BÜHRER, N.E. Análises orgânicas e bromatológicas. Curitiba, D.A.Q.I., 1951. 132 p.
5. _____. Práticas de química orgânica. 2.ed. s.l., Guaíra, 1947. 232 p.
6. CALVET, E. Química geral aplicada à indústria com práticas de laboratório. Barcelona, SALVAT, 1953. v.6, p. 714-716.
7. CARTER, H.B.; HOGEN, C.T. & BILAN, M.V. Stomatal opening transpiration and needle moisture in loblolly pine seedling from two Texas seed sources. For. Sci., 23(4): 457-62, 1977.
8. COUNTRYMAN, C.M. Moisture in living fuels affects fire behavior. Fire Management, 35(2): 10-14, 1974.
9. CRAMER, O.P. Adjustment of relative humidity and temperature for differences in elevation. U.S. For.Serv. Res. Pap. PNW-43, 1961. 21 p.
10. D'ANGELO, R.J.P. Óleos essenciais: qualidade determina processo. Química e derivados, 2(22): 36-42, 1967.
11. DAVIS, R.T. Atmospheric stability forecast and fire control. Fire control notes, 30(3): 3-4, 15, 1969.
12. DELL, J.D. & PHILPOT, C.W. Variations in the moisture content of several fuel size components of live and dead chamise (*Adenostoma fasciculatum*). U.S.For.Serv. Res. Note PSW-83, 1965. 7 p.

13. FAHNESTOCK, G.R. Computers can aid in fire control. Sth. Lumberm., 209(2609): 97-8, 1964.
14. FIRE control research: changes in essential oil content of eucalyptus litter. Extr. From Rep. For. Timb. Bur. Aust. 1965, n. 14, 1966.
15. FISHER, R.F. & STONE, E.L. Soil and plant moisture relations of red pine growing on a shallow soil. Proc. Soil Sci. Soc. Amer., 32(5): 725-8, 1968.
16. GOLFARI, L. Conifers suitable for reforestation in the states of Paraná, Santa Catarina and Rio Grande do Sul. FAO TA-2858, 1970. 86 p.
17. GRIMAL'SKIL, V.I. Influence of the water regime and time of day on the rate of oleoresin secretion from needles of Scots pine. Belorus Nilles. Kh-va., 24:54-59, 1974. /Resumo/.
18. HARMS, W.R. Leaf water deficits of tree seedlings in relation to soil moisture. For. Sci., 15(1): 58-63, 1969.
19. HODGES, J.D. & LORIO Jr., P.L. Comparison of field techniques for measuring moisture stress in large loblolly pines. For. Sci., 17: 220-23, 1971.
20. ———. Measurement of oleoresin exudation pressure in loblolly pine. For. Sci., 14: 75-76, 1968.
21. HOUGH, W.A. Fuel and weather influence wildfires in sand pine forests. U.S. For. Serv. Res. Paper SE-106, 1973. 11 p.
22. HUBERT, E.E. Brief study on conifer needle oils. J. For., 30: 340-1, 1932.
23. IKEDA, S. The relation between the moisture of leaves of trees and the atmospheric phenomena on sand-dune. Res. Bull. Exp. For. Hokkaido Univ., 21(2): 219-34, 1962. /Resumo/
24. JAMESON, D.A. Diurnal and seasonal fluctuations in moisture content of Pinyon and Juniper. U.S. For. Serv. Res. Note RM - 67, 1966. 7 p.
25. JOHNSON, V.J. Seasonal fluctuation in moisture content of pine foliage. U.S. For. Serv. Res. Note NC - 11, 1966. 4 p.
26. JOHNSTON, R.D. Water relations of *Pinus radiata* under plantation conditions. Aust. J. Bot., 12(2): 111-24, 1964.
27. KARNIK, M.G.; BHATIA, K. & LAL, J. Seasonal variation in pine needle oil from *Pinus roxburghii*. Indian For., 92(8): 521-2, 1966.

28. KOZLOWSKI, T.T. & CLAUSEN, J.J. Water relations and dry weight changes of buds and leaves of forest trees. Abstr. in Bull. Ecol. Soc. Amer., 45(3): 90-1, 1964.
29. KRAMER, P.J. & KOZLOWSKI, T.T. Fisiologia das árvores. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 1972. 745 p.
30. KRUEGER, D.W. Threshold values of relative humidity for large fires in Georgia. Res. Pap. Ga.For. Res. Coun., 3, 1961. 5 p.
31. LEROY, P. Seasonal changes in the water content and mineral composition of leaves of *Quercus robur*. Ann. Sci. For., Paris, 25(2): 83-117, 1968.
32. LITVAK, P.V. Seasonal changes in the moisture content and N content of needles of *Pinus sylvestris*. Lesnoi Zhurnal, 1: 29-32, 1975. /Resumo/
33. MAACK, R. Geografia física do Estado do Paraná. Curitiba, CODEPAR, 1968. 350 p.
34. MAKEDONSKA, C. Effect of air humidity on the water regime and dying of needles of certain conifers. Gorskotop. Nauka, Sofija, 2(1): 35-46, 1965. /Resumo/
35. MATTOS, J.R. O pinheiro brasileiro. São Paulo, Grêmio Politécnico, 1972. 620 p.
36. MELLO, H. do A. Aspectos da produção de resina de Pinho elioté. Rev. da Mad., Dez.: 23-24, 1969.
37. MIROV, N.T. The genus Pinus. New York, Ronald Press, 1967. 602 p.
38. MISSBACH, K. Suitability of important forest tree species for firebreaks and firebelts. Arch. Forstw., 16 (11): 1173-86, 1967.
39. MOISTURE regime if understory vegetation and slash pine. Extr. From Rep. Stheast. For. Exp. Sta., 1959, 1960. p. 45 - 46, 50.
40. MUNIZ, P.J.C.; SPITZNER, R.K. & BÜHRER, N.E. Ensaio sobre a extração de resinas no Paraná. Simp. Bras. de Reflorest. e Preserv. de Rec. Nat., Santa Catarina, 1966. 6 p.
41. OLSEN, J.M. 1959 Green fuel moisture and soil moisture trends in southern California. Res.Note Pacif.Sthwest. For. Range Ex. Sta., 161, 1960. 8 p.
42. PHILPOT, C.W. Diurnal fluctuation in moisture content of ponderosa pine and white leaf manzanita leaves. U. S. For. Serv. Res. Note PSW-67, 1965. 7 p.
43. ———. The moisture content of ponderosa pine and white leaf manzanita foliage in the central Sierra Nevada. U.S. For. Serv. Res. Note PSW-39, 1963. 7 p.

44. PHILPOT, C.W. & MUTCH, R.W. The seasonal trends in moisture content, ether extractives, and energy of ponderosa pine and Douglas fir needles. U.S. For. Serv. Res. Paper INT-102, 1971. 21 p.
45. PISKUNOV, L.I. Changes in the contents of ash and moisture of Scots pine needles with age. Lesovedenie, 3: 98-100, 1976. /Resumo/
46. REIFSNYDER, W.E. Seasonal variation in the moisture content of the green leaves of Mountain Laurel (*Kalmia latifolia*). For. Sci., 7(1): 16-23, 1961.
47. RESTREPO URIBE, G.R. Ensaio de procedências de Eucalyptus spp. L. Herit nas condições climáticas de dois locais do Estado do Paraná-Brasil. Curitiba, 1978. 123 p. Dissertação. Mestrado. Universidade Federal do Paraná.
48. RIZZINI, C.T. Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos. São Paulo, Hucitec, 1976. 327 p.
49. RUSSEL, R.N. & TURNER, J.A. Foliar moisture trends during bud swelling and needle flush in British Columbia. Bi-Monthly Res. Notes, 31(4): 24-25, 1975.
50. SEROGLASOVA, L.M. Dynamics of the accumulation of dry matter and variation of moisture content in needles and shoots of *Pseudotsuga menziesii*. Lesovedenie I. Les. Kh-vo, n. 11, 114-120, 1976. /Resumo/.
51. SHAFIZADEH, F.; CHIN, P.P.S. & DE GROOT, W.F. Effective heat content of green forest fuels. For. Sci., 23(1): 81-89, 1977.
52. SINCLAIR, G.D. & DYMOND, D.K. The distribution and composition of extractives in Jack pine trees. Can. J. For. Res., 3(4): 516-21, 1973.
53. SOARES, R.V. Determinação de um índice de perigo de incêndio para a região centro-paranaense, Brasil. Turalba, 1972. 72 p. Tese. Mestrado. Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas da OEA.
54. STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.M. Principles and procedures of statistics. New York, McGraw Hill, 1960. 480 p.
55. STOCKSTAD, D.S. Spontaneous and piloted ignition of pine needles. U.S. For. Serv. Res. Note INT, 1975. 14p.
56. STOLJARCUK, L.V. Forest fire prediction by meteorological factors. Les. Hoz., 22(10): 66-8, 1969.
57. SUDNITSYN, I.I.; GAEL, A.G. et al. The water regime of Scots pine plantations on sandy soils in the dry steppe. Lesovedenie, 2: 38-47, 1971.

58. TATRO, V.E.; SCORA, R.W.; VASEK, F.C.; KUMAMOTO, J. Variations in the leaf oils of three species of *Juniperus*. Am. J. Bot., 60(3): 236-241, 1973.
59. TRUJILLO, D.P. Chemical properties of chaparral fuels change during preheating before flaming. U.S. For. Serv. Res. Note RM-320, 1976. 2 p.
60. VAN WAGNER, C.E. Seasonal variation in moisture content of eastern Canadian tree foliage and the possible effect on crown fires. Can. Dep. For. and Rural Dev. Publ., 1204, 1967. 15 p.
61. VILLAVECCHIA, V. Química analítica aplicada. Barcelona, Gustavo Gili, 1949.
62. XILOQUÍMICA sai do papel. Química e derivados, 73: 46-51, 1971.
63. WEBB, M.S. Areal rainfall variability and its effect upon forest fire danger rating. For. chron., 44(5): 32-8, 1968.
64. WENDEL, G.W. & STOREY, T.G. Seasonal moisture fluctuations in four species of pocosin vegetation. Sta. Pap. Sth. For. Exp. Sta., 147, 1962. 9 p.
65. ZIEGER, E. & LANGE, S. Forecasting of fire danger in E. Germany. Arch. Forstw., 9(2): 92-108, 1960.

A P E N D I C E

Quadro 35: Teor de umidade e oleoresina nas acículas

Localização do povoamento: Estação Experimental de Rio Negro

Espécie: *Pinus elliottii*

Nº DA COLETA	VARIÁVEIS	% DO PESO SECO					DATA DA COLETA
		AMOSTRA 1	AMOSTRA 2	AMOSTRA 3	AMOSTRA 4	AMOSTRA 5	
1	Umidade	165,59	167,21	173,94	168,69	165,63	25-10-78
	Oleoresina	8,45	4,30	6,54	8,21	6,00	
2	Umidade	145,88	157,26	151,45	148,92	154,92	23-11-78
	Oleoresina	11,46	8,78	9,71	10,74	8,52	
3	Umidade	143,71	164,57	159,86	149,90	146,92	25-01-79
	Oleoresina	19,81	15,06	16,43	14,78	11,43	
4	Umidade	145,41	160,88	151,34	147,61	151,39	22-02-79
	Oleoresina	14,94	13,82	17,06	14,32	13,39	
5	Umidade	139,66	152,34	145,38	147,34	143,35	20-04-79
	Oleoresina	10,78	7,43	9,61	8,86	11,04	
6	Umidade	162,31	163,65	168,05	165,05	163,23	25-05-79
	Oleoresina	12,96	9,27	9,96	13,41	8,97	
7	Umidade	133,72	148,09	136,47	132,75	133,05	21-07-79
	Oleoresina	10,84	15,13	16,47	16,75	19,85	
8	Umidade	145,72	154,59	148,81	153,91	155,22	22-08-79
	Oleoresina	3,68	5,29	4,11	6,43	4,17	

Quadro 36: Teor de umidade e oleoresina nas acículas.

Localização do povoamento: Estação Experimental de Rio Negro

Espécie: *Pinus taeda*

Nº DA COLETA	VARIÁVEIS	% DO PESO SECO					DATA DE COLETA
		AMOSTRA 1	AMOSTRA 2	AMOSTRA 3	AMOSTRA 4	AMOSTRA 5	
1	Umidade	170,21	160,43	149,26	151,73	172,36	25-10-79
	Oleoresina	9,25	6,17	10,89	8,58	6,50	
2	Umidade	159,62	141,11	144,85	140,75	139,49	23-11-78
	Oleoresina	5,54	11,04	7,78	12,34	7,34	
3	Umidade	158,32	136,96	134,70	132,62	136,15	25-01-79
	Oleoresina	11,73	10,14	10,78	10,21	11,75	
4	Umidade	156,30	139,33	127,55	130,91	133,84	22-02-79
	Oleoresina	11,67	14,67	12,49	13,24	13,62	
5	Umidade	144,18	134,61	128,07	127,70	128,00	20-04-79
	Oleoresina	7,04	5,24	9,84	10,49	9,02	
6	Umidade	161,77	150,70	144,95	122,09	115,70	25-05-79
	Oleoresina	8,47	8,73	11,76	12,46	9,90	
7	Umidade	137,54	126,21	125,53	129,82	128,59	21-07-79
	Oleoresina	10,70	14,21	13,76	14,24	15,03	
8	Umidade	144,17	137,09	136,14	139,29	138,26	22-08-79
	Oleoresina	4,57	2,04	3,42	3,08	3,02	

Quadro 37: Teor de umidade e oleoresina nas folhas

Localização do povoamento: Estação Experimental de Rio Negro

Espécie: *Araucaria angustifolia*

Nº DA COLETA	VARIÁVEIS	% DO PESO SECO					DATA DA COLETA
		AMOSTRA 1	AMOSTRA 2	AMOSTRA 3	AMOSTRA 4	AMOSTRA 5	
1	Umidade	167,01	157,77	154,80	155,18	167,32	24-10-78
	Oleoresina	8,50	9,51	7,99	8,09	7,46	
2	Umidade	191,17	189,91	169,57	181,15	189,38	23-11-78
	Oleoresina	8,51	7,08	9,40	7,44	8,46	
3	Umidade	199,72	181,02	165,53	170,62	179,34	25-01-79
	Oleoresina	11,30	11,23	8,64	10,68	7,65	
4	Umidade	187,99	167,32	171,05	162,22	180,41	22-02-79
	Oleoresina	10,58	11,22	9,71	11,73	9,21	
5	Umidade	176,18	167,23	163,69	167,71	186,89	20-04-79
	Oleoresina	11,93	5,76	7,26	13,17	11,56	
6	Umidade	172,54	153,23	155,19	167,69	185,54	25-05-79
	Oleoresina	3,71	8,94	6,26	6,01	4,44	
7	Umidade	171,16	155,16	146,08	154,30	170,30	21-07-79
	Oleoresina	12,14	13,40	10,31	9,43	6,17	
8	Umidade	182,92	175,25	159,07	169,57	180,31	22-08-79
	Oleoresina	2,51	2,71	4,38	5,41	2,72	

Quadro 38: Teor de umidade do solo

Localização do Povoamento: Estação Experimental
de Rio Negro

Espécie: *Pinus elliottii*

Nº DA COLETA	PROFUN- DIDADE (cm)	% DO PESO SECO			DATA DA COLETA
		AMOSTRA 1	AMOSTRA 2	AMOSTRA 3	
1	20	26,14	28,63	30,92	25-10-78
	60	26,61	28,55	30,11	
	100	30,94	28,00	30,29	
2	20	31,26	35,32	32,31	23-11-78
	60	29,26	30,44	32,68	
	100	27,83	32,17	32,60	
3	20	20,54	23,23	25,94	25-01-79
	60	17,66	22,22	25,17	
	100	19,93	24,40	28,17	
4	20	21,12	22,97	28,25	22-02-79
	60	17,53	20,20	21,79	
	100	20,40	23,72	25,39	
5	20	29,18	32,60	31,68	20-04-79
	60	27,15	27,75	30,14	
	100	27,02	22,84	31,14	
6	20	28,20	30,97	31,75	25-05-79
	60	25,42	27,63	28,80	
	100	27,32	29,16	31,75	
7	20	29,51	35,24	31,54	21-07-79
	60	25,90	28,73	30,13	
	100	26,99	29,99	31,62	
8	20	29,61	33,20	31,92	22-08-79
	60	27,51	29,55	30,42	
	100	27,85	29,55	31,98	

Quadro 39: Teor de umidade do solo

Localização do povoamento: Estação Experimental
de Rio Negro

Espécie: *Pinus taeda*

Nº DA COLETA	PROFUN- DIDADE (cm)	% DO PESO SECO			DATA DA COLETA
		AMOSTRA 1	AMOSTRA 2	AMOSTRA 3	
1	20	20,63	19,06	17,94	25-10-78
	60	21,07	19,41	18,92	
	100	20,08	8,11	24,55	
2	20	25,29	24,90	23,11	23-11-78
	60	19,19	17,91	20,53	
	100	19,57	20,05	19,17	
3	20	13,55	15,57	15,17	25-01-79
	60	18,10	16,27	17,58	
	100	18,89	18,13	18,34	
4	20	17,51	15,94	15,67	22-02-79
	60	17,74	17,12	16,56	
	100	19,57	17,67	18,84	
5	20	24,22	23,16	19,05	20-04-79
	60	20,40	20,66	17,62	
	100	19,48	19,36	23,06	
6	20	23,23	22,71	23,81	25-05-79
	60	25,21	24,45	24,90	
	100	27,44	25,46	26,71	
7	20	24,93	26,78	25,69	21-07-79
	60	25,31	24,60	22,92	
	100	25,05	24,92	23,29	
8	20	25,95	24,58	24,87	22-08-79
	60	26,95	27,99	24,56	
	100	26,88	26,69	23,15	

Quadro 40: Teor de umidade do solo

Localização do povoamento: Estação Experimental
de Rio Negro

Espécie: *Araucaria angustifolia*

Nº DA COLETA	PROFUN- DIDADE (cm)	% DO PESO SECO			DATA DA COLETA
		AMOSTRA 1	AMOSTRA 2	AMOSTRA 3	
1	20	31,04	29,29	28,40	24-10-78
	60	29,66	29,40	27,32	
	100	25,98	27,85	26,11	
2	20	33,33	35,82	29,57	23-11-78
	60	32,88	32,11	29,34	
	100	28,83	30,74	27,43	
3	20	24,00	24,42	21,86	25-01-79
	60	21,13	20,87	19,32	
	100	19,52	21,80	21,09	
4	20	23,67	22,34	21,12	22-02-79
	60	18,13	17,04	18,04	
	100	17,17	19,83	18,87	
5	20	32,85	30,95	27,90	20-04-79
	60	25,24	26,27	25,53	
	100	18,22	22,76	20,68	
6	20	30,73	30,89	27,81	25-05-79
	60	25,63	26,25	24,88	
	100	25,00	27,73	25,12	
7	20	31,52	33,69	28,99	21-07-79
	60	27,09	26,84	25,68	
	100	26,95	27,47	25,32	
8	20	33,62	34,31	27,62	22-08-79
	60	27,15	28,41	28,07	
	100	26,81	27,90	26,85	

Quadro 41: Dados meteorológicos.

Nº DA COLETA	ESPECIES	TEMPERATURAS (°C)				UMIDADE RELATIVA GRAU HIGROM. (%)				DIAS SEM CHUVA	DATA DA COLETA
		7h.	14h.	21h.	MEDIA	7h.	14h.	21h.	MEDIA		
1	<i>A. angustifolia</i>	19	37	22,5	25,25	82	8	50	47,50	4	24-10-78
	<i>P. elliottii</i>	19	36	23	25,25	80	8	81	62,50	5	25-10-78
	<i>P. taeda</i>										
2	<i>A. angustifolia</i>	22	30	23	24,50	88	25	53	54,75	1	23-11-78
	<i>P. elliottii</i>										
	<i>P. taeda</i>										
3	<i>A. angustifolia</i>	22	37	23	26,25	82	8	70	57,50	21	25-01-79
	<i>P. elliottii</i>										
	<i>P. taeda</i>										
4	<i>A. angustifolia</i>	21	25	22	22,50	60	37	50	49,25	3	22-02-79
	<i>P. elliottii</i>										
	<i>P. taeda</i>										
5	<i>A. angustifolia</i>	18,5	26	15	18,62	85	24	83	68,75	3	20-04-79
	<i>P. elliottii</i>										
	<i>P. taeda</i>										
6	<i>A. angustifolia</i>	5	18	9	10,25	100	28	85	74,50	3	25-05-79
	<i>P. elliottii</i>										
	<i>P. taeda</i>										
7	<i>A. angustifolia</i>	10	18,5	6,5	10,37	55	24	88	63,75	2	21-07-79
	<i>P. elliottii</i>										
	<i>P. taeda</i>										
8	<i>A. angustifolia</i>	12	27,5	13	16,37	82	16	76	62,50	2	22-08-79
	<i>P. elliottii</i>										
	<i>P. taeda</i>										

Quadro 42 - Dados meteorológicos mensais da Estação de Pesquisas Florestais de Rio Negro entre outubro de 1978 e agosto de 1979.

ANO/ MES	MEDIA DAS TEMPERATURAS TOMADAS DE 2 EM 2 hs. (°C)	MEDIA DAS % DA UMEIDADE RELATIVA DO AR TOMADAS DE 2 EM 2 hs.
1978		
Outubro	21,08	57,20
Novembro	22,90	56,65
1979		
Janeiro	22,25	51,25
Fevereiro	25,53	52,84
Abril	19,69	66,15
Maio	15,20	74,41
Julho	14,10	69,31
Agosto	18,07	67,52